

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Ústav pro životní prostředí



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Dynamika výskytu orchidejí ve vybraném modelovém
území v horských polohách**

Dynamics of orchid occurrence in highlands

Bc. Veronika Černocká

Vedoucí práce: prof. RNDr. Pavel Kindlmann, DrSc.

Praha, květen 2018

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně s využitím uvedené literatury a informací, na něž odkazuji. Svoluji k jejímu zapůjčení s tím, že veškeré (i přejaté) informace, budou řádně citovány. Rovněž prohlašuji, že předložená diplomová práce je totožná s elektronickou verzí vloženou do SIS.

V Šumpeku, 1. května 2018

Podpis

Poděkování

Chtěla bych tímto poděkovat všem, kteří mi byli během psaní této diplomové práce nápomocni, a to zejména svému školiteli, prof. RNDr. Pavlovi Kindlmannovi, DrSc, za užitečné rady a konzultace. Dále RNDr. Dušanovi Romportlovi, Ph.D., za tvorbu modelů a analýzy v programu MaxEnt. Děkuji také Mgr. Zuzaně Štípkové, za pomoc se zpracováním databází a konzultace během psaní práce. Můj nemalý dík patří i Bc. Jakubu Štěpánovi, který mi pomohl s úpravou dat a postupem pro sběr dat.

Děkuji i Správě CHKO Jeseníky, zejména Mgr. Radkovi Štenclovi, za povolení vstupu do oblastí s omezeným přístupem a poskytnutí dalších osobních dat pro zpracování.

A obrovský dík patří celé mé rodině za podporu a pomoc nejen během psaní této práce, ale i během celého studia.

ABSTRAKT

Všechny druhy orchidejí jsou citlivými rostlinami a záznamy o jejich výskytu jsou málo početné. Vzácnost orchidejí je především následkem komplexní biologie a jejich citlivosti na změny prostředí. Těmto ohroženým druhům, jejichž lokality často zanikaly a zanikají, je v rámci jejich zachování potřeba věnovat pozornost. Pro jejich efektivní ochranu je důležité znát hlavní příčiny zániku jejich lokalit. Aby mohly být objeveny nové lokality výskytu, je užitečné znát faktory, které určují distribuci těchto druhů, a podmínky zvyšující pravděpodobnost jejich výskytu. V rámci této práce byly analyzovány některé klimatické, geografické a ekologické faktory v oblasti Jeseníků a jejich okolí. Samotné analýze předcházela sběr dat na základě rozsáhlých databází o výskytu orchidejí v minulosti. Pomocí programu MaxEnt byly vytvořeny modely pro čtyři lokálně nejhojnější druhy orchidejí.

Na základě revizí byla potvrzena existence 2/3 revidovaných lokalit, 8% lokalit zaniklo následkem absence kosení nebo vlivem lidských zásahů do krajiny. Z výsledků analýz v programu MaxEnt vyplývá, že při zvoleném měřítku (50 × 50 m) hraje roli pro přežívání všech zkoumaných druhů zejména typ biotopu a heterogenita krajiny. Mezi nejvhodnější biotopy patří lužní a mokřadní lesy, mezofilní louky, přírodní křoviny, rašeliniště a prameniště, mokřady a pobřežní vegetace, alpské louky, aluviální a vlhké louky. Vliv klimatických faktorů je významný pouze pro druh *Dactylorhiza fuchsii*, jehož pravděpodobnost výskytu roste s počtem mrazových dnů v roce, a pro druh *Platanthera bifolia*, u něž pravděpodobnost výskytu klesá s množstvím dopadajícího slunečního záření. Svůj význam má také geologické podloží, jehož reaktivita ovlivňuje výskyt druhů *Dactylorhiza fuchsii* a *Dactylorhiza majalis*. Efekt rostoucí nadmořské výšky se projevuje pozitivně pouze u druhu *Gymnadenia conopsea*. Z vytvořených map potenciálního výskytu je patrné, že ač se většina predikované distribuce vybraných druhů orchidejí nachází uvnitř CHKO Jeseníky, lze najít lokality s vhodnými podmínkami pro výskyt i mimo její hranice, například v oblasti Kralického Sněžníku a Rychlebských hor, Starého Města, Hanušovicka či Žulovska. I v těchto oblastech má smysl věnovat pozornost vyhledávání a ochraně různých druhů orchidejí (zejména ve vytipovaných biotopech).

Klíčová slova: orchideje, MaxEnt, revize lokalit, predikce, výskyt, faktory

ABSTRACT

All species of orchids are sensitive plants and records of their distribution are rare. Their rarity is related to their complex biology and their sensitivity to changes in the environment. It is necessary to pay attention to these threatened species, so that we could preserve them from extinction. For their effective protection we need to know the main causes of extinction of their localities. It is also useful to know the factors, which determine their distribution, so that we could find new localities, where they occur. In this thesis I analyzed some climatic, geographic and ecological factors in the Jeseníky mountains and their surroundings. First, I visited localities of orchids, which were registered in large databases of their presence in the past. The four most numerous species were analyzed using the program MaxEnt.

Based on the revisions, existence of 2/3 of the revised localities was confirmed, 8% of the revised localities became extinct because of overgrowth or due to human intervention in the landscape. From the MaxEnt results it is clear, that for all species the most important factor at the 50 × 50 m scale, is the type of biotope and heterogeneity of the countryside. The most suitable biotopes are floodplain and wetland forests, mesophile meadows, natural scrubs, peat bogs and springs, wetlands and coastal vegetation, alpine meadows and alluvial and humid meadows. The effect of the climatic factors is important only for *Dactylorhiza fuchsii*, whose probability of occurrence increases with the number of freezing days in the year, and also for *Platanthera bifolia*, whose probability of occurrence decreases with the amount of solar radiation. The reactivity of the bedrock is important for the distribution of *Dactylorhiza fuchsii* and of *Dactylorhiza majalis*. The effect of altitude was significant only in the case of the distribution of *Gymnadenia conopsea*.

Maps of potential distribution created by MaxEnt show, that even though most of potential sites are predicted inside of the protected landscape area of the Jeseníky mountains, it is also possible to find places with suitable condition for occurrence of orchids beyond its borders. For example, the area of Kralický Sněžník, Rychlebské hory, Staré Město, Hanušovicko or Žulovsko seems to be also appropriate for the occurrence of orchids.

Key words: orchids, MaxEnt, site revision, prediction, distribution, factors

OBSAH:

1. ÚVOD	7
1.1. BIOLOGIE ORCHIDEJÍ	9
1.2. MODEL Y DISTRIBUCE DRUHŮ A PROGRAM MAXENT	14
2. CÍLE PRÁCE	16
3. METODIKA	17
3.1. POPIS ÚZEMÍ	17
3.2. VYSKYTUJÍCÍ SE DRUHY ORCHIDEJÍ	20
3.3. SBĚR DAT A VYHODNOCOVÁNÍ	22
3.4. ANALÝZA POMOCÍ PROGRAMU MAXENT	24
4. VÝSLEDKY	31
4.1. SROVNÁNÍ PŘÍČIN VYHYNUTÍ POPULACÍ ORCHIDEJÍ	31
4.2. VÝSLEDKY ANALÝZ FAKTORŮ OVLIVŇUJÍCÍ VÝSKYT LOKÁLNĚ NEJHOJNĚJŠÍCH DRUHŮ ORCHIDEJÍ	35
4.2.1. <i>DACTYLORHIZA FUCHSII</i>	36
4.2.2. <i>DACTYLORHIZA MAJALIS</i>	39
4.2.3. <i>GYMNADENIA CONOPSEA</i>	44
4.2.4. <i>PLATANThERA BIFOLIA</i>	46
5. DISKUZE	50
6. ZÁVĚR	59
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	60
PŘÍLOHY	67

1. ÚVOD

Čeďed' vstavačovitě (Orchidaceae) patří mezi jednoděložné rostliny a jedná se o jednu ze dvou druhově nejbohatších čeďedí na světě: počet druhů je odhadován na 25 tisíc (Chase et al. 2003), z toho kolem 19 tisíc jsou epifyty (Reina-Rodríguez et al. 2016). Většina druhů orchidejí patří mezi ohrožené druhy. Vyskytují se na seznamu Červených knih, jsou chráněny mezinárodní úmluvou CITES a celá řada druhů je ohrožena vyhynutím (Swarts a Dixon 2009).

V České republice se nacházelo 60-70 druhů, avšak některé z těchto druhů jsou již vyhynulé, nebo se jedná o různé mezidruhové křížence. Přes jejich velkou druhovou bohatost však orchideje nejsou na našem území příliš hojné. Všechny druhy orchidejí jsou totiž konkurenčně slabé a navíc dochází k ubývání vhodných biotopů, kde mohou růst (přirozených i člověkem udržovaných). Všechny druhy orchidejí ČR jsou proto zapsány v Červeném seznamu ohrožených druhů rostlin.

Extenzivně obhospodařované, druhově bohaté, vlhké louky byly až do nedávna běžnou součástí krajiny v centrální Evropě. Tyto habitaty (často sekundární) nejsou stále plně doceňovány. Ne pouze z krajinářského hlediska (zadržování vody v krajině a efekt pro místní mikroklima), ale také díky jejich vysoké a cenné biodiverzitě. S mizením těchto luk souvisí také vymírání spousty populací organismů, zahrnující i chráněné a ohrožené druhy rostlin a živočichů spojené s těmito habitaty – např. terestrické orchideje (Wotavová et al. 2004)

Důvodů mizení biotopů vhodných pro přežívání orchidejí (tedy především výše zmíněných luk) je celá řada. Děje se tak například zarůstáním lokalit, absencí pastvy skotu a ovcí v podhorských oblastech, ale i nežádoucími lidskými zásahy do krajiny spojenými s intenzifikací zemědělství, jako jsou odvodňování pramenišť a rašelinišť, rozorávání luk a mezí, eutrofizace způsobená hnojením, intenzivní pastva, vysoká úroveň mineralizace organického materiálu, atmosférická depozice dusíkatých složek, aj. (Jatinová a Šmiták 1996, Wotavová et al. 2004, Janečková et al. 2006, Vogt-Schilb et al. 2015). Tyto činnosti se praktikovaly ve velké míře převážně od období kolektivizace zemědělství od 50. let 20. století, kdy docházelo ke sjednocování pozemků, což s sebou přineslo přechod od obhospodařování drobných pozemků (v různou dobu, různými způsoby) k velkoplošným jednorázovým zásahům. Počínaje 90. lety došlo k dalším, pro orchideje

spíše pozitivním změnám: zanikla zemědělská družstva, začaly vznikat nové programy péče o krajinu (Jersáková a Kindlmann 2004).

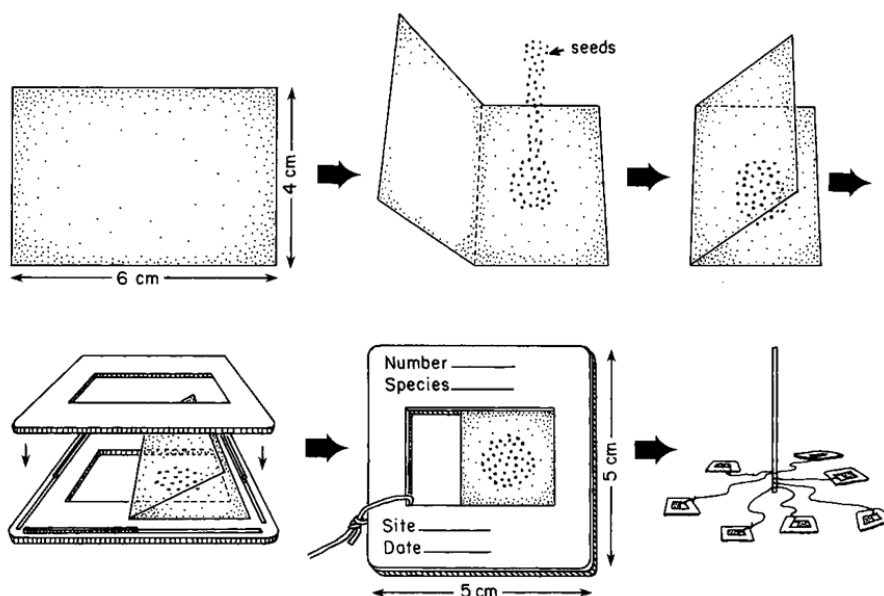
Z ekologického hlediska jsou orchideje zajímavé svým komplexním životním cyklem, zahrnující mimo jiné i širokou škálu opylovacích mechanismů a všudypřítomné mykorhizy. Vzhledem k různorodosti životních strategií představují zajímavou skupinu rostlin, která je perlou naší flóry a zvyšuje biodiverzitu přírody. Díky jejich citlivým reakcím na změny prostředí mohou svým „mizením“ poukazovat na změny v celých ekosystémech. Právě kvůli jejich složitým životním cyklům je volba vhodného managementu často velmi obtížná.

Z důvodu své ohroženosti se stávají orchideje předmětem ochrany mnoha lokalit a také předmětem studií po celém světě (Mróz a Kosiba 2010, Gogol-Prokurat 2011, Balarote et al. 2012, Wang et al. 2015). Snahou těchto studií je získat detailní informace o populační biologii druhů a vlivu managementu, o životních strategiích orchidejí či mykorhizních vztazích, ale cílem je také posuzování faktorů, které ovlivňují jejich výskyt. Pro takovéto účely jsou vytvářeny distribuční modely druhů (species distribution models; SDMs), které na základě hodnocených faktorů generují mapy potenciální distribuce. Ty mohou pomoci při vyhledávání nových stanovišť, na kterých se zkoumaný druh vyskytuje, nebo například při určování prioritních oblastí v rámci ochrany přírody. Nejužívanějším z mnoha takových programů je program MaxEnt (Hinojosa-Díaz et al. 2009, Tsiftsis et al. 2011, Wan et al. 2014, Vogt-Schilb et al. 2015, Vullering et al. 2016).

Právě vlivem environmentálních faktorů na výskyt orchidejí a predikcí potenciální distribuce jsem se zabývala v předkládané diplomové práci, a to praktickým použitím programu MaxEnt na zrevidovaných lokalitách orchidejí v oblasti vyšších nadmořských výšek.

1.1. BIOLOGIE ORCHIDEJÍ

Ke svému růstu a rozmnožování využívají Orchidaceae řadu životních strategií. Vytvářejí obrovské množství semen, která jsou velmi malá a mají redukovanou stavbu. Semena nemají endosperm, pouze malé množství zásobních látek přímo v embryu. Embryo nemá diferencované meristémy, zásobní pletiva ani základy orgánů. Osemení je tvořeno několika vrstvami odumřelých buněk, které chrání embryo. Stavba semene je tedy co nejvíce zjednodušená, jeho vývoj (např. tvorba zárodečného vaku) nastává až po opylení. Orchideje patří mezi s-stratégie. Musí vytvářet velké množství semen, protože jen velmi malá část – mnohem méně než 1% (Batty et al. 2001), dá ve finále základ nové rostlině (vliv má především navázání symbiózy s vhodnými druhy hub). Studium klíčení orchidejových semen je kvůli jejich množství a velikosti velice složité. Proto Rasmussenová a Whigham (1993) vyvinuli tzv. rámečkovou metodu pro přímé sledování klíčení semen v půdě. Tato technika nám mimo jiné umožňuje zkoumat vztah mezi místem, kde byla semena vyseta, dostupností příslušných mykorhizních hub a vývojem semene (aplikace semen do rámečku viz obrázek 1). Je důležité si uvědomit, že podmínky vhodné pro vyklíčení orchidejí jsou velmi komplexní, protože neobsahují jen podmínky příznivé pro uchycení a vyklíčení semene orchidejí, ale také podmínky potřebné pro přítomnost houbového symbionta v substrátu (Rasmussen et al. 2015).



Obrázek 1 - Konstrukce rámečků se síťovinou a aplikace miniaturních semen (převzato z Rasmussen a Whigham 1993).

Jako první impulz pro klíčení semene je voda, která se dostane přes osemení. Buňky embrya začnou zvětšovat svůj objem a dělit se, dojde k protržení osemení a vzniká protokorm, což je embryo pokryté drobnými vlásky. Protokorm má ovšem energii pouze na protržení obalu, ne na další vývoj. Pro ten je podstatná symbióza s houbami. Mycelia hub vrůstají do protokormu a dodávají mu potřebné látky. Pro vyklíčení orchidejí je houbový symbiont nepostradatelným zdrojem energie, rostliny jsou na něm plně závislé (Yoder et al. 2000). Houbová vlákna vytvářejí v buňkách pelotony, které jsou buňkami rostliny odštěpnuty a rozpouštěny. Jedná se o endomykorhizu. Rostliny získávají od hub sacharidy, minerální látky (fosfor, dusík, aj.), vodu či organické látky. Houbě naopak soužití s orchidejí přináší relativně méně výhod, např. dochází k rozkladu osemení (Ponert 2016). Hovoří se tedy někdy spíše o epiparazitizmu či částečném epiparazitismu. Orchideje jsou plně závislé na mykorhize vždy v raných ontogenetických stádiích, než si začnou samy fotosyntetizovat potřebné látky. Většina pak využívá tento heterotrofní způsob výživy v různé míře po celý život (mixotrofní druhy). Některé druhy jsou dokonce na mykorhize zcela závislé po celý život (obligátně mykoheterotrofní druhy, např. rod sklenobýl *Epipogium*, rod hlístník *Neottia*). Jednotlivé druhy orchidejí využívají různě široké spektrum druhů houbových symbiontů. Jedná se o celou řadu hub z Ascomycota a Basidiomycota. Druhy, které jsou zjevně odolné a vytvářejí stabilní populace, jsou spojeny s menším počtem taxonů houbových symbiontů, které jsou navzájem fylogeneticky blízké příbuzné, na rozdíl od druhů, jejichž populace takto odolné nejsou (Bailarote et al. 2012).

Orchideje jsou uzpůsobeny k maximálnímu zefektivnění opylování. Pylová zrna nejsou volná, ale nahromaděná v brylkách, které jsou pak celé přeneseny opylovačem, což přenos činí mnohem efektivnějším. Květy jsou uzpůsobeny tak, aby opylovače nasměrovaly do pozice, ve které se na něj přichytí brylky. K tomu je vytvořena většinou dlouhá ostruha, což je bazální část pysku v podobě trubičky, na jejímž konci může, ale i nemusí být nektar (tzv. šálivé květy). Opylovač potom ve snaze dosáhnout až na dno ostruhy na sebe přimáčkne brylky, které se na něj nalepí pomocí lepkavého terčíku. Orchideje jsou na opylovače specializovány v různé míře, od jednotlivého druhu po celé skupiny (blanokřídlí, motýli). Některé druhy orchidejí jsou schopné samoopylení, květy téměř neotvírají a vytváří tak kleistogamické květy (např. okrotice). To zvyšuje úspěšnost

opylení a produkce semen tak může být mnohonásobně větší. Evolučně však představuje autogamie slepou vývojovou cestu, protože druh pomalu geneticky degraduje.

Orchideje vytváří největší podíl šálivých květů ze všech čeledí. Jedním z možných vysvětlení tohoto jevu je, že tyto orchideje šetří asimiláty na tvorbu nektaru a tím pádem energií. Ukázalo se ovšem, že díky mykorhize šetřit energií nemusí, protože ztráty na tvorbu nektaru představují jen zlomky procent jejich celkové energetické bilance. Dalším názorem je, že se rostlina tímto brání samoopylení. Aby opylovač nepřelétal pouze mezi květy v květenství jedné rostliny, je odrazen tím, že nedostane odměnu v podobě nektaru a odlétá na jinou květinu společně s přichycenými brylkami (Ponert 2016). Tento mechanismus podporuje křížení a je tedy pro rostliny výhodou. To však platí, pokud je opylovačů dostatek, pokud je naopak opylovačů dlouhodobě málo, může docházet k upřednostňování rostlin s nektarovou odměnou nebo k posunu k samoopylování (Jersáková et al. 2006). Rostliny, které vytváří nektar, se proti samoopylení brání například tím, že vytváří květy typu jednosměrky, tzn. opylovač nejprve opyluje květ přichycenými brylkami z jiné rostliny. Květ mu však nedovolí dostat se ven stejnou cestou a opylovač tak musí pokračovat květem dál, kde na sebe nalepí nové brylky (Ponert 2016).

Tvorba květenství u orchidejí nemusí připadat na každý rok. Pokud rostlina nenaasimilovala dostatečné množství energie, v následujícím roce nekvete, nebo dokonce zůstává v dormantním stavu, tzn. nevytvoří nadzemní orgány a přežívá pouze pod zemí. Během této doby tedy rostlina nezískává energii z fotosyntézy, ale je odkázána na houbového symbionta (Shefferson 2009). Rostliny v dormantním stavu mají zpomalený metabolismus, což jim může pomoci pro přečkání nepříznivých podmínek. Tato doba nepřesahuje u většiny druhů tři roky (Jersáková a Kindlmann 2004).

Orchideje, stejně jako všechny ostatní rostliny, potřebují pro svůj růst a kvetení základní živiny, jako dusík, fosfor, vápník, draslík, atd. (Mróza a Kosiba 2011). Stuckey (1967) má za to, že nejvýznamnějším environmentálním faktorem ovlivňující výskyt orchidejí je pH půdy, dále také obsah fosforu a draslíku a podíl organické složky. Menší množství dostupného fosforu orchidejím stačí, protože rostou pomalu. Naopak větší množství fosforu spíše podporuje růst ostatních rostlin a zvyšuje kompetici. I Wassen et al. (2005) tvrdí, že orchideje odolávají mnohem lépe limitaci fosforem než limitaci dusíkem, proto zvyšování dostupnosti fosforu je pravděpodobně významnější příčina úbytku druhů vstavačovitých, než obohacování dusíkem. Hejman et al. (2010) testovali vliv

dlouhodobého hnojení na výskyt tří druhů orchidejí rostoucích na území ČR (*D. maculata*, *P. bifolia* a *L. ovata*). Zjistili, že dlouhodobá aplikace dusíku (NH_4NO_3 s roční mírou 100 kg N/ha) nebyla fatální pro studované orchideje, pokud se zároveň neaplikoval fosfor. Zvýšení dostupnosti dusíku může podle autorů způsobit úbytek orchidejí pouze tam, kde dostupnost fosforu v půdě je dost vysoká, aby umožnila růst produktivních druhů, které mohou lépe konkurovat o světlo.

Světlo a vlhkost se zdají být důležitějšími faktory než výživa v podmínkách, kdy je nedostatek vody. Pokud je prostředí dostatečně vlhké, stává se limitujícím faktorem světlo. Platí to zvláště pro druhy, které rostou ve stínu a pouze ve středně vlhkých půdách (Stuckey 1967). Pokud prostředí poskytuje potřebné podmínky pro růst, snad pro všechny terestrické druhy se rozhodujícím faktorem stává kompetice (především o světlo). Orchideje jsou konkurenčně slabé rostliny, proto musí být konkurenčně silnější druhy v jejich okolí (např. trávy) odstraňovány kosením, nejlépe jednou až dvakrát ročně (Janečková et al. 2006). Vhodným managementem je také extenzivní pastva.

Díky tomuto složitému životnímu cyklu a citlivostí na změny v prostředí, je velmi obtížné pěstování orchidejí v umělých podmínkách a jejich následné vysazování do přírody. Proto je ochrana orchidejí zajištěna především ochranou jejich biotopů (*in situ*). V České republice můžeme orchideje nalézt v přirozených i antropogenních biotopech. Z přirozených jsou to například řídké (keřnaté) lesy, zapojené lesy, stepi, slatiniště, rašeliniště či alpské trávníky. Zapojenými lesy se rozumí přirozené klimaxové lesy, ve kterých mohou růst druhy, které snášejí nedostatek světla. Najdeme zde epipazazitické druhy jako smrkovník plazivý (*Goodyera repens*) či hlištník hnízdák (*Neottia nidus-avis*). Na rašeliništích a slatiništích roste celá řada prstnateců (např. *Dactylorhiza majalis*) nebo také bradáčky (např. *Listera cordata*). Stepí představují v naší přírodě vzácná extrémní bezlesá stanoviště, na kterých rostou různé druhy tořičů (rod *Ophrys*). Extrémním typem stanoviště jsou také alpské trávníky, na kterých lze vzácně nalézt například běloprstku bělavou (*Pseudorchis albida*) či pětiprstku žežulník (*Gymnadenia conopsea*). Mezi antropogenní biotopy patří louky, okraje silnic a cest, opuštěné lomy či trávníky. Louky jsou bezlesá stanoviště vytvořená a udržovaná lidskou činností. Pastva a kosení zabraňují sukcesi a zvyšují diverzitu prostředí, jelikož umožňují růst stepním, bažinným i horským druhům. Co se týče orchidejí, jsou to v naší přírodě jedny z nejbohatších biotopů. Také okraje komunikací či opuštěné lomy představují šanci pro růst orchidejí,

protože na těchto disturbovaných stanovištích mají sníženou konkurenci. Ve většině těchto případů se jedná o otevřená stanoviště, která jsou rozptýlená v krajině. Tato otevřená stanoviště by v přírodě představovala spíše přechodné biotopy. Jejich existence je tedy vázána z velké části na lidskou činnost, kterou je krajina pozměňována už od pravěku, což umožnilo šíření mnoha druhům otevřené krajiny, které by v přírodních poměrech nenašly příznivé existenční podmínky. I tak jsou orchideje součástí naší přírody (byť často vázané na lidskou činnost) a zaslouží si patřičnou ochranu.

1.2. MODELÝ DISTRIBUCE DRUHŮ A PROGRAM MAXENT

Modely distribuce druhů (SDMs) jsou užitečnými nástroji pro nasměrování ochrannářských snah, fungujícími na základě nekompletních záznamů jejich distribuce. Mají mnohé co nabídnout na poli ochrany biodiverzity, jelikož můžou identifikovat oblasti, kde jsou zásahy za účelem ochrany nejvíce potřebné. Tyto metody využívají vztahu mezi známým rozšířením druhu a environmentálními podmínkami k predikci potenciálního rozšíření druhu ve formě spojitě mapy pravděpodobnosti výskytu (Gogol-Prokurat 2011). Kvalita modelu závisí na výběru vhodných proměnných (charakteristiky klimatické, geologické, geografické, habitatové atd.) (Williams et al. 2012), metodou modelování (obvykle pomocí programu MaxEnt), použitím prostorového měřítku (region, stát, kontinent) a rozsahu extrapolace (na jakou vzdálenost jsme extrapolovali od místa sběru dat).

Data o distribuci druhů jsou ve většině případů dostupná ve formě bodových lokací, které jsou geograficky rozptýleny. Tento typ dat může zahrnovat nejenom celou řadu vynechání, ale jsou také často více zaměřené (předpojaté) při vzorkování směrem k dostupnějším místům. Ze známých metod SMDs (např. Bioclim, Domain, GARP a MaxEnt) se právě MaxEnt jeví jako nejspolehlivější nástroj při tvorbě distribučních modelů, jenž dovede podávat rozumné výsledky i při nízkém počtu lokalit výskytu (Hernandez et al. 2006). Pomocí programu MaxEnt mohou být tyto nedostatky překonány, jelikož nevychází z presence-absence dat (chybějící záznam o výskytu druhu značí jeho absenci), ale z presence-only dat (chybějící záznam o výskytu druhu v jednotlivém pixelu neznámá, že se zde druh nevyskytuje). Model je tedy méně postižen chybou lidského faktoru při mapování v terénu. Jinými slovy: je-li na dané lokalitě druh přítomen, ale během mapování nebyl zaznamenán, není lokalita vyloučena z možných vhodných oblastí výskytu. Tyto modely jsou proto vhodné pro vzácné druhy s málo lokalitami výskytu (Guisan a Thuiller 2005, Guisan et al. 2013, Deb et al. 2017), jako jsou orchideje.

Program MaxEnt (Maximum Entropy Modeling) využívá přístup založený na statistické metodě nazývané maximální entropie, díky kterému lze předpovídat distribuci z nekompletních informací. MaxEnt váží každou proměnnou (přiděluje každé proměnné hodnotu 0-1) a odhadované rozdělení pravděpodobnosti představuje sumu těchto vážených prvků se součtem 1. Program začíná s rovnoměrným rozložením pravděpodobnosti, postupně dopočítává váhy proměnných a směřuje k optimální distribuci pravděpodobností. (Philips et al. 2006, Hernandez et al. 2006). Tímto způsobem jsou analyzovány

požadované faktory na daném území. To je rozděleno na pixely zadané velikosti a každému pixelu výsledně odpovídá konkrétní hodnota testovaných proměnných (v procentech podílu na celkovém modelu). Program tedy jednak vyhodnotí vliv jednotlivých faktorů na výskyt druhu a dále vytvoří mapu jeho potenciální distribuce pro celé vyhodnocované území. Tyto mapy zobrazují podle vybarvení pixelů pravděpodobnost výskytu daného druhu.

Program MaxEnt byl pro výzkum orchidejí použit již v několika pracích, zabývajících se rozšířením orchidejí v minulosti, současnosti i budoucnosti. Cílem těchto studií je například předpovědět rozšíření druhů v budoucnosti vlivem klimatických změn (Vogt-Schilb et al. 2015, Reina-Rodríguez et al. 2016, Reina-Rodríguez et al. 2017). Výsledky Vogt-Schilb et al. (2015) naznačují, že klimatická změna v Evropě není primárním hybatelem změn v distribuci během posuzovaného časového období (1985-2005), na rozdíl od změn v krajinném pokryvu, jejichž efekt dominuje. Využití nachází program MaxEnt také v biogeografii, například při výzkumu rozšíření některých druhů orchidejí v období posledního glaciálu (Kolanowska 2013a). Pomocí MaxEntu lze odhadnout klimatické podmínky, které toto rozšíření určovaly a také jak se změnila tolerance druhů k těmto faktorům během následujícího postglaciálu. Dále lze touto cestou zjistit migrační cesty orchidejí v minulosti (Kolanowska et al. 2016a).

Velmi často je MaxEnt používán pro modelování ekologických nik, zjišťování potenciálního rozšíření druhů orchidejí a určení limitujících faktorů, které jejich rozšíření determinují či možností reintrodukce ohrožených druhů (Angulo et al. 2012, Kolanowska a Szlachetko 2014, Kolanowska et al. 2016b, Vollerling et al. 2016, Deb et al. 2017, Deka et al. 2017). Výsledné mapy potenciální distribuce lze využít za účelem vytváření sítě chráněných území (Tsiftsis et al. 2011, Wan et al. 2014) či pro porovnání oblasti potenciálního výskytu ohrožených druhů se stávajícím chráněným územím (Hsu 2013). Někdy bývají tyto modely označovány také jako ENMs (ecological niche models). MaxEnt lze využít také pro modelování možností šíření nepůvodních a invazních druhů (Gormley et al. 2011, Kolanowska 2013b), nebo také k nalezení vhodných habitatů pro druhy, které vytvořily populace mimo svůj areál rozšíření (Hinojosa-Díaz et al. 2009).

2. CÍLE PRÁCE

- Ověřit stav populací orchidejí ve vybraných lokalitách oblasti Jeseníků a následné statistické zhodnocení změn.
- Rešerše stávajících databází o výskytu orchidejí ve vybraném modelovém území v horské poloze. Na základě této rešerše provést v modelovém území:
 - a. Zmapování existujících lokalit a jejich srovnání s údaji ve zkoumaných databázích.
 - b. Kritické srovnání příčin vyhynutí populací orchidejí na základě jejich dohodnuté kategorizace.
 - c. Srovnání získaných výsledků s dosažitelnými údaji z jiných poloh.

3. METODIKA

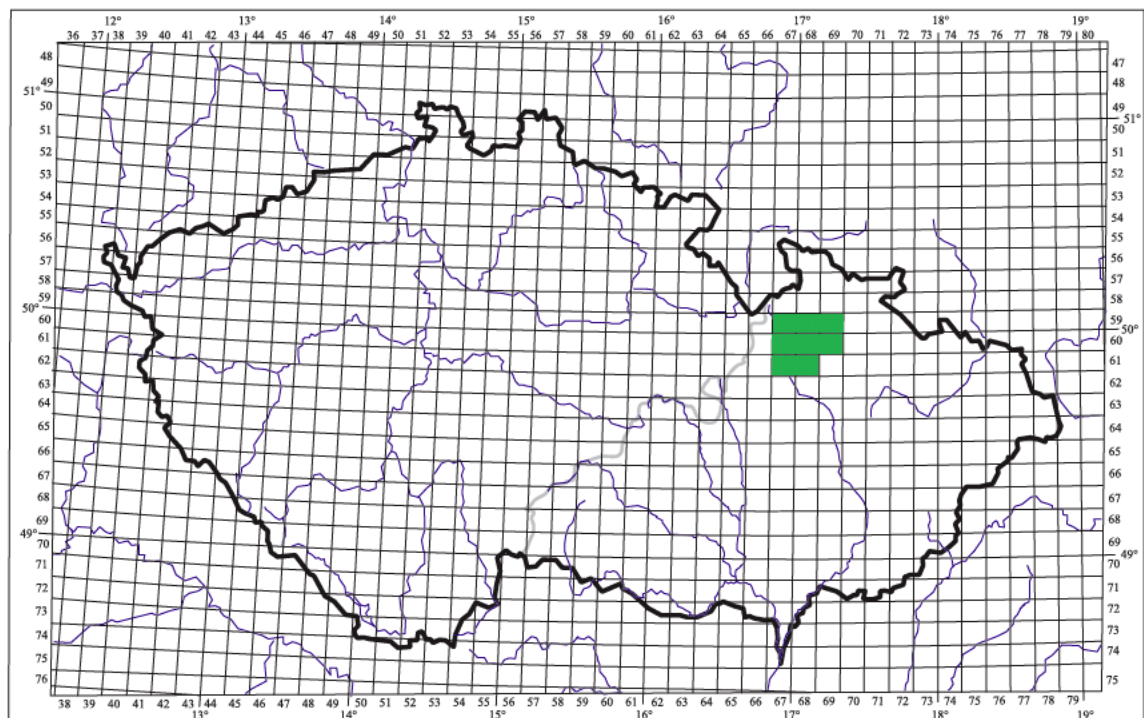
V následující kapitole je popsáno studované území, jeho problematika a krátká charakterizace druhů, které se na území vyskytují. Dále jsou popsány zdroje dat a sběr vlastních záznamů, systém jejich zapisování a také volba proměnných, které byly použity při modelování programem MaxEnt.

3.1. POPIS ÚZEMÍ

Tato práce se zabývala revizí dat pocházejících z oblasti Hrubého a Nízkého Jeseníku, Hanušovické vrchoviny a jejich okolí. Mapování probíhalo na základě buněk sítě KFME (Kartierung der Flora Mitteleuropas), která je používána pro mapování rozšíření druhů v České republice. Velikost jednotlivých buněk odpovídá přibližně velikosti $11,1 \times 12 \text{ km}^1$. Každé mapovací pole je označeno čtyřmístným kódem, který označuje řadu a sloupec sítě, ve kterých se pole nachází. Studované území v této práci představují buňky 5967, 5968, 5969, 6067, 6068, 6069, 6167 a 6168 (obrázek 2). Oblast se rozkládá v širokém rozmezí nadmořských výšek, a to od 300 do 1400 m n. m. Nachází se zde celá řada biotopů vhodných pro výskyt orchidejí jako rašeliniště a prameniště, louky a pastviny, dubohabřiny, bučiny či alpské bezlesí.

Velkou část studovaného území představuje CHKO Jeseníky s mnoha botanicky cennými oblastmi, jako jsou např. okolí Pradědu, Velké kotliny či Petrových kamenů. Právě díky přítomnosti chráněného území je na mnoha lokalitách zaveden vhodný management, např. kosení v dobu stanovenou správou CHKO Jeseníky či šetrná pastva. Jedná se o jedno ze tří pohoří v České republice dosahující nadmořských výšek nad horní hranicí lesa. Tyto vysokohorské trávníky jsou přirozeným biotopem vzácných druhů orchidejí jako např. běloprstka bělavá (*Pseudorchis albida*), vemeníček zelený (*Coeloglossum viride*) nebo hlavinka horská (*Traunsteinera globosa*). Tyto druhy patří k silně ohroženým druhům naší květeny.

¹ https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/ps13/biogeogr_2/web/pages/index_book_3-1-1.html



Obrázek 2 - Zkoumané mapové čtverce

Horská bezlesí jeseníckého hřebenu, kde se zmíněné druhy vyskytují, zarůstají v poslední době brusnicí borůvkou (*Vaccinium myrtillus*), která vytváří souvislé porosty a potlačuje tak všechny ostatní druhy rostlin, včetně orchidejí. Jedná se například o horní část Velké a Malé kotliny nebo svah pod Petrovými kameny. Právě Velká kotlina patří k botanicky velmi významným lokalitám. Jesenícké horské hole byly obhospodařovány pastvou skotu a ovcí a sklízením sena po několik staletí. Takový management byl pro růst orchidejí vhodný (Reinhammar et al. 2002, Janečková et al. 2006), jelikož orchideje jsou součástí spíše přechodné vegetace než klimaxové, a jejich růst nebo úbytek závisí na typu hospodaření v krajině (Stuckey 1967). Od tohoto hospodaření se však upustilo po druhé světové válce. V dnešní době jsou tyto pozemky vedeny jako PUPFL (pozemek plnící funkci lesa), které jsou zařazeny do lesa ochranného a pastva je zde ze zákona zakázána. Povolena je pouze na experimentálních lokalitách, a to obnovením pastvy skotu u chaty Švýcárna od roku 2012 (pozemek dočasně vyňatý z PUPFL) a obnovení pastvy ovcí nad chatou Ovčárna od roku 2014 (vojenský pozemek vyjmutý z NPR Praděd)². Borůvka je na některých lokalitách likvidována kosením, což je mimo jiné i součástí Projektu

² <http://jeseniky.ochranaprirody.cz/sprava-informuje/obnoveni-pastvy/>

podpory biodiverzity horských biotopů v oblasti Pradědu³. Ačkoli se tedy může zdát, že nejvzácnější druhy orchidejí jsou mimo nebezpečí díky tomu, že se vyskytují v jádru NPR Praděd, v oblasti se zákazem vstupu, není tomu tak. Prostorové možnosti pro růst mají tyto druhy jen velmi omezené na plochy čtverců o několika málo m², které navíc nejsou vzájemně pospojovány (viz příloha 1). Populace se tak skládají z několika málo izolovaných jedinců. I když Správa CHKO Jeseníky provádí pravidelné kosení těchto čtverců, není v jejich silách se s borůvkým vypořádat velkoplošně.

Dalším ohrožením pro vzácné druhy (nejen) orchidejí představuje kleč, která byla na hřebeni v minulosti vysazena lesníky za účelem zalesnění horských holin, které mělo zabránit erozi. Charakter Velké kotliny byl ovšem vždy udržován právě přítomností lavin, které zabraňovaly jejímu zarůstání a zabezpečovaly tak její otevřenost. Kleč rostoucí nad svahem nyní brání sesuvu sněhu a laviny už se zde vyskytují jen výjimečně. Ve Velké kotlině se tedy objevují i dřeviny a jiné vzrostlé rostliny, které vzácné druhy vytlačují. Likvidace kleče má tu výhodu, že odřezaná kleč znovu neobráží a zásahy se tedy nemusí opakovat, na rozdíl od borůvků, které musí být koseno po několika málo letech znovu. Ovšem samotná realizace vyřezávání kleče už není tak snadná a předchází jí řada administrativních opatření, která ne každý takový zásah povolí. V minulosti již došlo k několika případům úspěšného vyřezávání kleče (např. u Petrových kamenů, nad Malou a Velkou kotlinou či na Malém Dědu). Odstraněná plocha však představuje pouze zlomek z celkové plochy pokryté klečí.

Kromě zarůstání mohou mít v horských oblastech negativní vliv také depozice síry a dusíku, vysoké stavy spárkaté zvěře nebo turistická návštěvnost.

³ <http://www.casopis.ochranaprirody.cz/pece-o-prirodu-a-krajinu/projekt-podpory-biodiverzity-horskych-biotopu-v-oblasti-pradedu/>

3.2. VYSKYTUJÍCÍ SE DRUHY ORCHIDEJÍ

Během mapování byly zrevidovány i lokality velice vzácných druhů orchidejí (např. *Pseudorchis albida*, *Traunsteinera globosa* či *Listera cordata*), nejčastěji se vyskytujícími se druhy během mapování byly však prstnatec Fuchsův (*Dactylorhiza fuchsii*), prstnatec májový (*Dactylorhiza majalis*), pětiprstka žežulník (*Gymnadenia conopsea*), vemeník dvoulistý (*Platanthera bifolia*) a bradáček vejčitý (*Listera ovata*). Kompletní seznam mapovaných druhů je uveden v tabulce 2.

Prstnatec Fuchsův (*Dactylorhiza fuchsii*) je nejhojnějším druhem studované oblasti. Tento prstnatec se vyskytuje roztroušeně ve všech horách v ČR (Šumava, Krušné hory, Krkonoše, Hrubý Jeseník, Bílé Karpaty, Beskydy). V podhůří došlo k úbytku lokalit vlivem meliorací, přehnojení a přeorávání luk a pastvin (Bureš 2013). Druh se vyskytuje na vlhkých loukách, prameništích, ale také na krajnicích lesních cest a ve vlhkých příkopech. I v takovýchto stresových biotopech dokáže tento druh vytvořit velmi početné populace, a to zřejmě díky vegetativnímu rozmnožování (Bureš 2013). Vysoká početnost může být zapříčiněna také tím, že tento druh má nízkou míru specifity pro využívání houbového symbionta (Bailarote et al. 2012). Rozšíření *D. fuchsii* je převážně v severní Evropě a zasahuje až do východní Sibiře (Procházka a Velísek 1983). Na prameništích nejvyšších poloh Hrubého Jeseníku je uváděn výskyt poddruhu prstnatce Fuchsova chladnomilného (*Dactylorhiza fuchsii* subsp. *sudetica*). Tento poddruh však nebyl při mapování pro předkládanou práci odlišován, jelikož se jen velmi málo liší od prstnatce Fuchsova pravého a determinace by byla vzhledem k vysoké početnosti jedinců na místech výskytu časově velmi náročná.

V podobných biotopech jako *D. fuchsii*, tedy trvale mokré louky, rašeliniště a prameniště, byl většinou zaznamenáván také **prstnatec májový** (*Dactylorhiza majalis*). Ačkoli sdílejí tyto dva druhy často stejné lokality a jsou si vzhledově podobné, liší se dobou květu; jedinci *D. fuchsii* vykvétají až při odkvétání *D. majalis*. Ovšem na rozdíl od *D. fuchsii* se *D. majalis* nevyskytuje na stanovištích, jako jsou vlhké příkopy podél cest, ale naopak na stabilnějších lokalitách. Pro druh *D. majalis* jsou podle Chytrého et al. (2010) typickým biotopem vlhké pcháčkové louky. Oproti *D. fuchsii* připadá areál *D. majalis* spíše na západní a střední Evropu, ve východní Evropě chybí. I když byla v minulosti řada lokalit zničena melioracemi nebo nadměrnou pastvou, tento druh stále vytváří velmi početné populace a je jedním z nejpočetnějších druhů vstavačovitých u nás, jelikož je

částečně rezistentní vůči absenci kosení a zastínění okolní vegetací (Jersáková a Kindlmann 2004). *Dactylorhiza majalis* je druhem slabě mykotrofním (Procházka a Velísek 1983).

Druhem s širokou ekologickou amplitudou je **pětiprstka žežulník** (*Gymnadenia conopsea*). Rozšíření *G. conopsea* je od Skandinávie, přes Ural a Sibiř, až po Středozeří, zde se však roste pouze velmi vzácně a jen na horách (Procházka a Velísek 1983). Těžiště výskytu má v podhorských až horských polohách na loukách. Nadmořská výška tedy zřejmě hraje roli zejména v oblastech střední a jižní Evropy. Také tento druh je pouze slabě mykotrofní (Procházka a Velísek 1983). Vyskytuje se často na lokalitách xerothermních (suché trávníky), ale i vlhkých, roste roztroušeně zejména v horských oblastech a chybí v nížinách (Průša 2005, Chytrý et al. 2010). Početnost jejích lokalit ovšem klesá, a to jak z luk, které jsou hnojeny či nekoseny, tak ze zbytků subalpínských květnatých pastvin především kvůli změně vhodných biotopů a jejich destrukci (Průša 2005, Bureš 2013).

Širokou ekologickou amplitudu má také **vemeník dvoulistý** (*Platanthera bifolia*), rostoucí často v lesních lemech a loukách podhorských poloh téměř na celém našem území. Podle Bureše (2013) populace *P. bifolia* v CHKO Jeseníky dokonce sílí a přibývá i nových lokalit. *P. bifolia* má podobný areál rozšíření jako *G. conopsea*, chybí pouze stálezelené zóně Středozeří mimo horské polohy (Procházka a Velísek 1983).

Bradáček vejčitý (*Listera ovata*) patří též mezi druhy, které obývají velmi rozličná prostředí. Je to i díky tomu, že dospělá individua tohoto druhu jsou nejméně závislá na mykotrofii, mohou být i zcela autotrofní a nepotřebují tedy ke svému růstu houbového symbionta (Procházka a Velísek 1983). Roste od nížin do hor téměř po celém území (Průša 2005).

Další druhy ve zkoumaném území se vyskytovaly vzácněji. Jednak jde o druhy, které preferují bazické substráty, jako například obligátně alkalofilní druh **střevíčník pantoflíček** (*Cypripedium calceolus*), který dosahoval vysoké početnosti pouze na jedné lokalitě, a to v PP Poláchovy Stráně u Hanušovic. **Okrotice bílá** (*Cephalanthera damasonium*) a **okrotice dlouholistá** (*Cephalanthera longifolia*) patří také mezi kalcitofyty a opět se vyskytovaly poměrně hojně pouze na několika málo lokalitách v nižších nadmořských výškách, např. v PR Pod Trlinou u obce Leština. Oba zmiňované rody představují zástupce lesních orchidejí, které mají těžiště výskytu především

v bučinách, doubravách a dubohabřinách. Podle Tsiftsis et al. (2011) jsou tyto dva druhy okrotic považovány za významné specialisty.

Za zmínku stojí i vzácné druhy orchidejí vyskytující se v nejvyšších partiích Hrubého Jeseníku. Mezi tyto horské druhy patří **vemeníček zelený** (*Coeloglossum viride*), rostoucí ve Velké kotlině a ve svahu pod Petrovými kameny (Bureš 2013). Tento druh je vázaný na krátkostébelné subalpínské trávníky a absence pastvy a travení negativně ovlivňuje jeho výskyt. Podobné biotopy osidluje také **běloprstka bělavá** (*Pseudorchis albida*), která se v Hrubém Jeseníku vyskytuje na druhově pestrých krátkostébelných travních porostech se smilkou tuhou. Další horská orchidej, **hlavinka horská** (*Traunsteinera globosa*), se vyskytuje v těchto oblastech nad hranicí lesa v současnosti pouze na posledních dvou lokalitách ve Velké a Malé kotlině (Bureš 2013).

Bradáček srdčitý (*Listera cordata*), druh rostoucí také pouze v horských a subalpínských polohách, se vyskytuje na území CHKO Jeseníky na několika rašeliništích a vrchovištích, například v Sedlovém rašeliništi (Rollerová 2015) nebo na vrchovišti na Velkém Dědu (Štencel 2008 podle Bureš 2013). Populace bradáčků byly oslabeny vlivem imisí, které způsobily odumření větví smrků a stinná vlhká stanoviště proto ubývala.

3.3. SBĚR DAT A VYHODNOCOVÁNÍ

Sběr dat probíhal na základě údajů o nálezích všech druhů orchidejí ze studované oblasti z minulosti. Tato data pocházejí především z databáze AOPK, dále ČNFD (Česká národní fytoocenologická databáze) a Procházkovy kartotéky⁴. Každý údaj ze všech databází měl vlastní identifikační číslo, datum a autora nálezu, souřadnice lokality a číslo floristického čtverce, v některých případech také počet jedinců nebo popis lokality. Díky souřadnicím jsem lokality vyhledala a revidovala pomocí aplikace Locus Map Free. Při revizi lokalit bylo zaznamenáno, zda se na dané lokalitě druh nadále vyskytuje a v jakém počtu. Na základě toho bylo lokalitě přiřazeno číslo:

- 1 zaniklá lokalita (lokalita s podmínkami vylučující výskyt orchidejí, např. plocha zastavěná, přeměněná na pole, zničená intenzivní pastvou, zarostlá, atd.)

⁴ Ing. František Procházka, byl významným českým botanikem. Zabýval se především studiem orchidejí, člen České botanické společnosti. Za svůj život sestavil kartotéku cca 10 tisíc lokalit orchidejí na území České republiky.

0 druh nenalezen (v době mapování nebyl druh na lokalitě nalezen, ovšem podmínky pro jeho výskyt jsou vhodné)

1 1-10 rostlin

2 11-100 rostlin

3 101-1000 rostlin

4 nad 1000 rostlin

Lokalita s označením 0 znamená, že i když nebyla přítomnost druhu v době návštěvy potvrzena, není existence druhu vyloučena, jelikož podmínky pro jeho výskyt jsou stále vhodné (lokalita nezarůstá, není zničená lidskými zásahy, neprovádí se zde intenzivní pastva, vhodné podmáčení, atd.). Kvůli nepravidelnosti kvetení orchidejí totiž nelze předpokládat vykvetení každý rok (Kindlmann a Balounová 1999). Rostliny se mohou vyskytovat v dormantním stavu, během kterého ukládají energii na tvorbu listů, případně i květů pro další rok. Dále také není možné vyloučit, že i přes maximální snahu nebyli hledaní jedinci nalezeni.

Při zpracování revizí bylo cílem také odstranění duplicit z databází. Jelikož stejná lokalita byla popsána různými autory nebo opakovaně v několika letech, vytvořilo se pro každou lokalitu nové číselné označení, které tak sjednotilo všechny údaje vztahující se k jedné lokalitě, a to od nejstaršího údaje po nejnovější. Během mapování nebyly ověřeny všechny lokality uváděné použitých zdrojích. Výběr lokalit pro revizi byl náhodný, druhově nezávislý a ve snaze postihnout co největší rozlohu a rozsah výškových stupňů. Mapování probíhalo během vegetační sezóny v roce 2016.

Pokud byla lokalita označena za zaniklou (-1), byl jí přiřazen jeden z důvodů vyhynutí orchidejí, které byly rozděleny do kategorií:

- zarostlá lokalita (na lokalitě rostou náletové dřeviny naznačující absenci pravidelného kosení či porosty jiných rostlin, které vytlačily konkurenčně slabší orchideje)
- intenzivní pastva (pastviny zabahněné a rozšlapané chovem dobytka)
- lidská činnost (změna prostředí vlivem lidské činnosti vylučující výskyt orchidejí, např. výstavba, černá skládka, aj.)

Důvodem zániku populací orchidejí může být také eutrofizace způsobená hnojením či splachem živin z okolních polí (Wotavová et al. 2004). Tento důvod byl vynechán, jelikož ve studované oblasti ve vyšších nadmořských výškách nebyl podíl polí významný a ověřování, zda jsou louky hnojeny, nebylo možné.

Data, která byla následně vyhodnocována programem MaxEnt, představují mnou revidované lokality v roce 2016, na kterých byl pozitivní nález (tzn. druh orchideje byl na lokalitě nalezen), dále údaje z databází od roku 2011 po současnost a využity byly také aktuální informace získané pomocí aplikace BioLog⁵, které byly vloženy Mgr. Radkem Štenclem, botanikem Správy CHKO Jeseníky, v roce 2016. Počty použitých dat jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1 - Počty pozitivních nálezů lokalit použitých pro MaxEnt

Vlastní revize	129
AOPK od roku 2011	118
BioLog	52
Celkem	299

Pomocí programu MaxEnt byly provedeny analýzy zvlášť pro všechny druhy. Z důvodu malé početnosti u většiny druhů by však modely neměly velkou signifikanci, a proto se podrobněji pracovalo pouze se čtyřmi nejhojněji se vyskytujícími druhy (*D. fuchsii*, *D. majalis*, *G. conopsea* a *P. bifolia*), u kterých se pomocí programu MaxEnt odhadovaly nejvýznamnější faktory, ovlivňující jejich výskyt.

3.4. ANALÝZA POMOCÍ PROGRAMU MAXENT

Jak už bylo zmíněno, údaje o pozitivním nálezu byly vyhodnoceny pomocí programu MaxEnt. Výsledky programu představují jednak analýzy, které vyjadřují podíl jednotlivých proměnných na vytvořeném modelu. Pro každou proměnnou zvlášť je vytvořen také graf, který znázorňuje změnu pravděpodobnosti výskytu daného druhu s měnění se proměnnou. Posledním výsledkem jsou mapy potenciálního výskytu, které naznačují místa vhodná pro výskyt jednotlivých druhů.

⁵ <http://biolog.nature.cz/>

Výsledky analýzy faktorů jsou uváděny v grafech jackknife a v tabulce s procentuálními podíly na celkovém modelu (tabulka 4). Metoda jackknife spočívá v převzorkování dat a je ve statistice jednou z metod odhadu přesnosti výběrové statistiky pomocí podmnožin testovacích dat. Výsledná hodnota odhadu parametru základního souboru je průměrem z hodnot zjištěných v podsouborech výběrového souboru, které jsou vytvářeny postupným vypouštěním jednotlivých pozorování⁶.

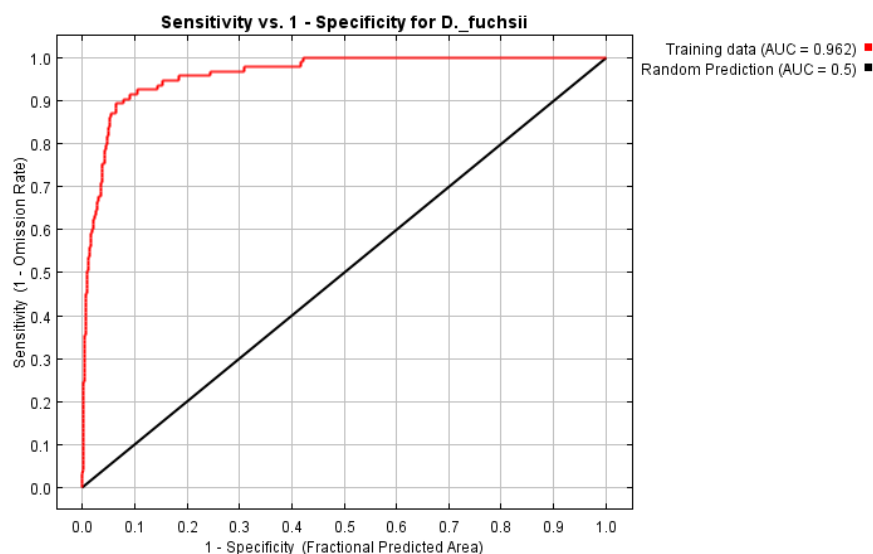
Výhodou programu je, že počítá i s kolinearitou mezi proměnnými, která je vyjádřena v grafech jackknife. Vodorovná osa grafu nazvaná „*Regularized training gain*“ popisuje, o kolik lépe pasuje potenciální distribuce vytvořená MaxEntem na skutečné údaje o distribuci, ve srovnání s rovnoměrným rozdělením (resp. požadovou pravděpodobností výskytu, která je stejná pro všechny body). Exponenciála tohoto čísla (tzn. e^x) ukazuje, o kolikrát je větší pravděpodobnost výskytu druhu při započtení této proměnné ve srovnání s pravděpodobností bez této proměnné. Více informací o postupech a výpočtech lze najít ve Philips et al. (2006). Grafy jackknife lze interpretovat jednoduše pomocí různých délek barevných čar v grafu. Délka bledě modrých čar u jednotlivých proměnných (v grafech: „Bez proměnné“) říká, že čím je tato čára kratší, tím důležitější je daný faktor pro výsledný model. Jinými slovy, jak by se změnila kvalita modelu, kdyby nebyl daný faktor zahrnut. Naopak délka tmavě modrých čar (v grafech: „Proměnná samostatně“) vyjadřuje, která proměnná přináší nejužitečnější informaci sama o sobě. Z toho vyplývá, že proměnné, které mají dlouhou čáru tmavě modrou i bledě modrou, jsou sice důležité samy o sobě, ale zároveň je část informace zahrnuta i v jiném faktoru, protože pokud by se vynechaly, kvalita modelu by se téměř nezměnila. Naopak proměnné s dlouhou tmavě modrou čarou a krátkou bledě modrou čarou jsou významné a zároveň informace, kterou přinášejí, není obsažena v jiných proměnných. Výsledné procentuální podíly na modelu pak seřazují proměnné podle toho, s jakým podílem jednotlivé faktory přispěly k vytvořenému modelu (tabulka 4). Pro každou proměnnou jsou programem MaxEnt vytvořeny křivky odezvy (Response curves). Křivky zobrazují, jak se predikovaná pravděpodobnost výskytu daného

⁶ <http://portal.matematickabiologie.cz/index.php?pg=analiza-a-hodnoceni-biologickych-dat--statisticke-hodnoceni-biodiverzity--diverzitni-a-bioticke-indexy--odhad-intervalu-spolehlivosti-a-statisticke-testovani-biodiverzitnich-indexu>

druhu mění s měnící se proměnnou, zatímco ostatní proměnné (faktory) zůstávají na průměrných hodnotách.

Výsledkem analýzy jsou také mapy potenciální distribuce, které barevně naznačují místa s nízkou a vysokou pravděpodobností výskytu daného druhu. Body vyznačené v mapě jsou ověřené lokality, na základě kterých byl model vytvořen. Některá data o pozitivním výskytu nebyla použita pro tvorbu modelu, ale sloužily jako testovací data, na kterých se ověřovala platnost modelu. Testovací data nejsou zahrnuta v datech, ze kterých je model vytvořen (training data).

Výsledné vyhodnocení přesnosti modelů je potom vyjádřeno pomocí testu AUC (area under the curve), který porovnává výsledky modelu s testovacími daty (Phillips et al. 2006). AUC test je odvozen od křivky ROC (Receiver Operating Characteristic). Tato křivka popisuje poměr mezi senzitivitou („true-positive“, tzn. mírou správně predikovaných údajů o přítomnosti) a 1 - specificitou („false-absence“, tzn. mírou nesprávně predikovaných absencí) (Hernandez et al. 2006). Křivka, která maximalizuje senzitivitu, je považována za dobrý model a je kvantifikována výpočtem plochy pod křivkou (AUC) (příklad grafu testu AUC ukazuje obrázek 3). AUC tedy může posloužit jako měřítko celkové robustnosti modelu a dosahuje hodnot mezi 0,5 (náhodná rozmístění, lineární vztah) a 1 (dokonalá predikce). Hodnoty $AUC > 0,75$ představují rozumnou prediktivní přesnost (Montgomery 2014). S rostoucím počtem vstupních údajů o výskytu roste i hodnota AUC. Výsledné hodnoty AUC jsou uvedeny v kapitolách výsledků jednotlivých druhů.



Obrázek 3 - Výsledek testu AUC pro *D. fuchsii*

Hodnocenými faktory byly, podobně jako ve většině studií (Díaz et al. 2009, Tsiftsis et al. 2011, Tsiftsis et al. 2012, Kolanowska 2013a, Montgomery 2014, Vogt-Schilb et al. 2015, Wan et al. 2014, Wang et al. 2015, Kolanowska et al. 2016a, Vollering et al. 2016), bioklimatické faktory (např. precip, solar_rad, frost_days, aj.). Použitá klimatická data představují časové řady vytvořené ČHMÚ za období 1981 – 2011 v měřítku 500×500 m, poskytnutá společností Czech Globe. Dále byly v této práci použity i faktory geografické (slope, vert_het, TPI), geologické (reactivity, alcali) a také proměnné charakterizující biotop (KVES, KVES_var).

V první analýze byly použity stejné faktory pro všechny studované druhy. Použitá velikost pixelů v této analýze byla 500×500 m. Zkoumanými faktory byly:

- **Dem** - nadmořská výška (m n.m.)
- **Frost_days** - počet mrazových dnů v roce (dny, kdy se minimální teplota dostane pod teplotu 0°C),
- **Summer_days** - počet letních dnů v roce (dny, kdy maximální teplota dosáhne anebo překročí 25°C)
- **Trop_days** - počet tropických dnů v roce (dny, kdy maximální teplota přesáhne 30°C)
- **KVES** - konsolidovaná vrstva ekosystémů
- **Precip** - roční úhrn srážek (mm)

- **Slope** - sklon terénu (sklonitost mezi nejvyšším a nejvyšším bodem pixelu v procentech)
- **Solar_rad** - celkové množství dopadajícího slunečního záření (WH/m^2) za půl roku
- **Temp_1** – průměrná roční teplota ($^{\circ}\text{C}$), spočtená z měsíčních průměrů
- **Temp_2** – variabilita teplot, roční rozkolísanost teplot (amplituda), rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší teplotou v roce spočtený z měsíčních průměrů
- **Veg_season** - délka vegetačního období (počet dní, kdy průměrná denní teplota neklesá pod 10°C)

Do druhé analýzy byly poté vybrány faktory, které se v první analýze ukázaly jako významné, společně s dalšími, které jsou podstatné pro výskyt jednotlivých druhů orchidejí podle literatury (Procházka a Velíšek 1983, Bureš 2013). Zkoumané faktory pro jednotlivé druhy se v této analýze tedy již lišily. Zvolená velikost pixelů byla menší než v první analýze, a to 50×50 m. Seznam proměnných použitých pro jednotlivé druhy v druhé analýze je v tabulce 4 v kapitole 5.2 Výsledky analýz. Patří mezi ně:

- **Dem** - nadmořská výška (m n.m.)
- **Solar_rad** – celkové množství dopadajícího slunečního záření (WH/m^2) za půl roku
- **Frost_days** - počet mrazových dnů v roce (dny, kdy se minimální teplota dostane pod 0°C)
- **KVES** - konsolidovaná vrstva ekosystémů
- **KVES_var** – variabilita KVES
- **KVES_číslo** – závislost mezi pravděpodobností výskytu druhu a podílu zastoupení konkrétní kategorie KVES
- **Alcali** - alkalita podloží ($\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$) (kategorie podle Chuman et al. 2014),
- **Reactivity** – reaktivita podloží (kategorie podle Chuman et al. 2014),
- **Temp** – průměrná roční teplota ($^{\circ}\text{C}$), spočtená z měsíčních průměrů
- **TPI** - topographic position index
- **Vert_het** - vertikální heterogenita reliéfu

KVES (konsolidovaná vrstva ekosystémů) sloužila jako podklad pro mapování ekosystémových služeb a představuje podrobnou mapu krajinného pokryvu celé ČR zpracovanou v měřítku 1:10 000, která byla pro tuto analýzu převedena na rastr o velikosti pixelů 50×50 m. Vrstva vznikla pomocí podrobných dat z detailních zdrojů, zejména na základě mapování biotopů pro NATURA 2000, ZABAGED (základní báze geografických

dat České republiky), CORINE Land Cover 2006, LPIS či Urban Atlas 2006 (Hönigová a Chobot 2014). Vzniklo tak 41 kategorií biotopů, které byly do analýzy zahrnuty několika způsoby. Jednak jako proměnná KVES, která vypovídá, jestli přítomnost druhu závisí na charakteru biotopu. Jinými slovy, zda KVES hraje roli jako celek. Další proměnnou byla **KVES_var**, která odpovídá variabilitě biotopů, a tedy heterogenitě prostředí. Větší hodnoty vypovídají větším počtu typů habitatu, naopak malé hodnoty znamenají monotónní krajinu. Zvlášť byly vyčleněny některé biotopy, které byly programem v první analýze vyhodnoceny jako nejvýznamnější pro výskyt orchidejí:

- kves 23 bažina, močál
- kves 20 rašeliniště a prameniště
- kves 6 mezofilní louky
- kves 29 hospodářské lesy listnaté
- kves 9 lužní a mokřadní lesy

Kompletní seznam tříd krajinného pokryvu podle KVES je v příloze 2.

Proměnné popisující podloží, **reactivity** a **alkali**, byly použity podle Chuman et al. (2014), kteří klasifikovali podloží České republiky na základě geochemické reaktivity hornin, obsahu karbonátů, koeficientu alkality, přístupnosti ke zvětrávání a typu hornin. Geochemická reaktivita je kombinací alkality (koeficientu alkality), obsahu kovů alkalických zemin a přístupnosti ke zvětrávání. Přístupnost ke zvětrávání závisí na počtu kationtů v hornině, který je možné nahradit vodíkovými kationty (jde zejména o Ca, Mg, K, Na). Mimo to ale hraje roli i typ horniny a litologie.

Koeficient alkality je vyjádřen jako:

$$C_{Alk}(mol * kg^{-1}) = \frac{Na + K + Li + Ca + Mg + Ba + Sr}{Si + Ti + Al + Fe + Mn + Na + K + Li + Ca + Mg + Ba + Sr}$$

Na základě těchto charakteristik bylo vytvořeno 28 kategorií, které klasifikují horniny na území ČR. Reaktivita se ve vzniklých kategoriích dělí na stupně nízká, střední a vysoká. Z této vrstvy, která byla vytvořena pomocí geologických map v měřítku 1:50 000, byl odvozen rastr o velikost pixelu 50 × 50 m. Faktory reaktivita a alkalita byly použity na základě údajů v literatuře, které zmiňují, že některé druhy mohou být závislé právě na charakteru podloží (Procházka a Velísek 1983, Průša 2005).

TPI (topographic position index) klasifikuje krajinu podle sklonu a tvaru reliéfu a také podle polohy v terénu. Porovnává nadmořskou výšku bodu s průměrnou nadmořskou výškou v okolí daného bodu (Mokarram et al. 2015). Vypovídá tedy o tom, zda se lokalita nachází na vrcholku kopce, ve svahu či v údolí. Jedná se o kontinuální proměnnou.

Vertikální heterogenita terénu (**vert_het**) vyjadřuje míru zvlnění krajiny v okolí dané lokality, tedy jak moc se liší nadmořské výšky v rámci jednoho pixelu. Každému pixelu je spočtena na základě nadmořských výšek pěti pixelů jeho okolí (kruh o poloměru pěti pixelů). Je vyjádřena jako směrodatná odchylka nadmořské výšky. Pokud jsou hodnoty nadmořských výšek v okolí pixelu podobné, hodnota směrodatné odchylky je nízká a jedná se o homogenní reliéf. Pokud je hodnota směrodatné odchylky vysoká, pak je heterogenita reliéfu naopak vysoká.

4. VÝSLEDKY

První část práce zahrnuje vyhodnocení vlastní revize lokalit. Následují podkapitoly, ve kterých jsou představeny výstupy z programu MaxEnt pro čtyři nejhojnější druhy orchidejí na zkoumaném území.

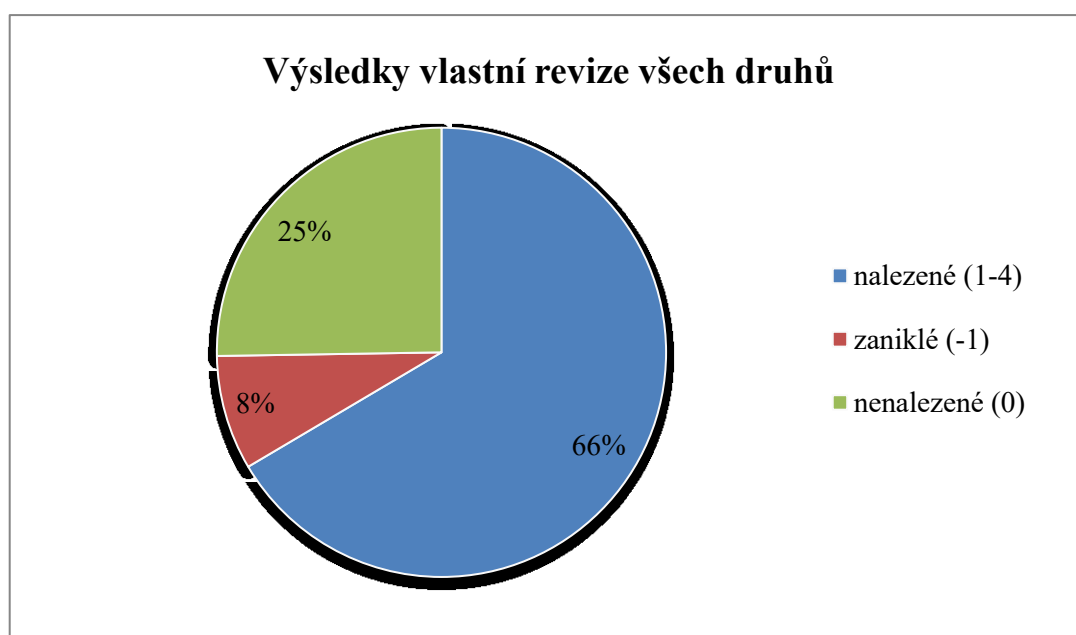
4.1. SROVNÁNÍ PŘÍČIN VYHYNUTÍ POPULACÍ ORCHIDEJÍ

Během mapování bylo navštíveno celkem 195 lokalit, na nichž se orchideje v minulosti vyskytovaly. Počty lokalit nalezených, zaniklých a nenalezených u jednotlivých druhů, jsou uvedeny v tabulce 2

Tabulka 2 - Výsledky revize všech druhů orchidejí nalezených ve zkoumaném území

druh	počet navštívených lokalit	nalezené (1-4)	zaniklé (-1)	nenalezené (0)
<i>Cephalanthera damasonium</i>	11	10	1	0
<i>Cephalanthera longifolia</i>	7	6	1	0
<i>Coeloglossum viride</i>	3	2	0	1
<i>Corallorhiza trifida</i>	1	0	0	1
<i>Cypripedium calceolus</i>	1	1	0	0
<i>Dactylorhiza maculata</i>	2	0	0	2
<i>Dactylorhiza fuchsii</i>	73	55	4	14
<i>Dactylorhiza majalis</i>	20	13	4	3
<i>Dactylorhiza sambucina</i>	2	2	0	0
<i>Epipactis palustris</i>	1	0	0	1
<i>Gymnadenia conopsea</i>	19	15	0	4
<i>Listera cordata</i>	1	1	0	0
<i>Listera ovata</i>	14	3	2	9
<i>Neottia nidus-avis</i>	1	0	1	0
<i>Orchis mascula</i>	7	1	1	5
<i>Orchis mascula signifera</i>	1	0	0	1
<i>Orchis purpurea</i>	1	0	0	1
<i>Platanthera bifolia</i>	25	18	1	6
<i>Platanthera chlorantha</i>	1	0	1	0
<i>Pseudorchis albida</i>	2	1	0	1
<i>Traunsteinera globosa</i>	2	1	0	1
celkem	195	129	16	49

Jak ukazuje obrázek 4, největší část představovaly lokality, na nichž byla existence orchidejí potvrzena. Nalezených lokalit bylo konkrétně 129, což představuje 2/3 z celkového množství navštívených lokalit. Na zbylé 1/3 nebyl výskyt orchidejí potvrzen, ale pouze na 16 lokalitách (8% ze všech navštívených lokalit) byla vyloučena možnost výskytu orchidejí i v jiných letech a tyto lokality byly označeny jako zaniklé. Na čtvrtině lokalit (49) nebyl výskyt orchidejí potvrzen, ovšem podmínky pro jejich výskyt byly stále příznivé.

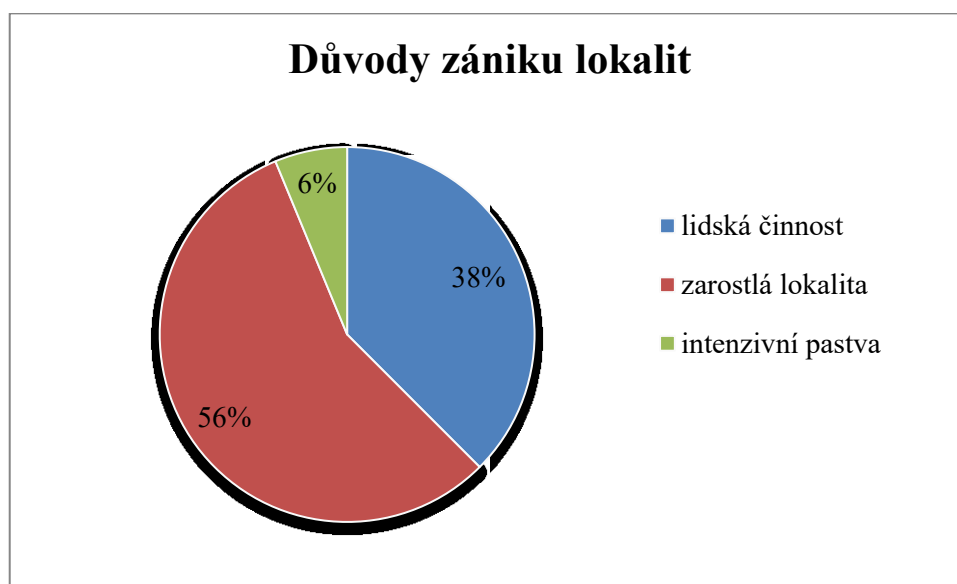


Obrázek 4 - Stav revidovaných lokalit všech druhů ve vybraném území

Co se týče příčin zániku revidovaných lokalit (obrázek 5), hlavním důvodem bylo jejich zarůstání, které představovalo více jak polovinu případů. Jednalo se o zřejmou absenci kosení po několik let, jelikož se na takovýchto plochách vyskytovaly například náletové dřeviny. Zánik lokality vlivem lidské činnosti byl způsoben zasypaním lokality haldami po těžbě vápence, vznikem rozsáhlé černé skládky či výsadbou lesní školy. Pouze v jednom případě byla lokalita zničena intenzivní pastvou. Konkrétní počty jsou uvedeny v tabulce 3.

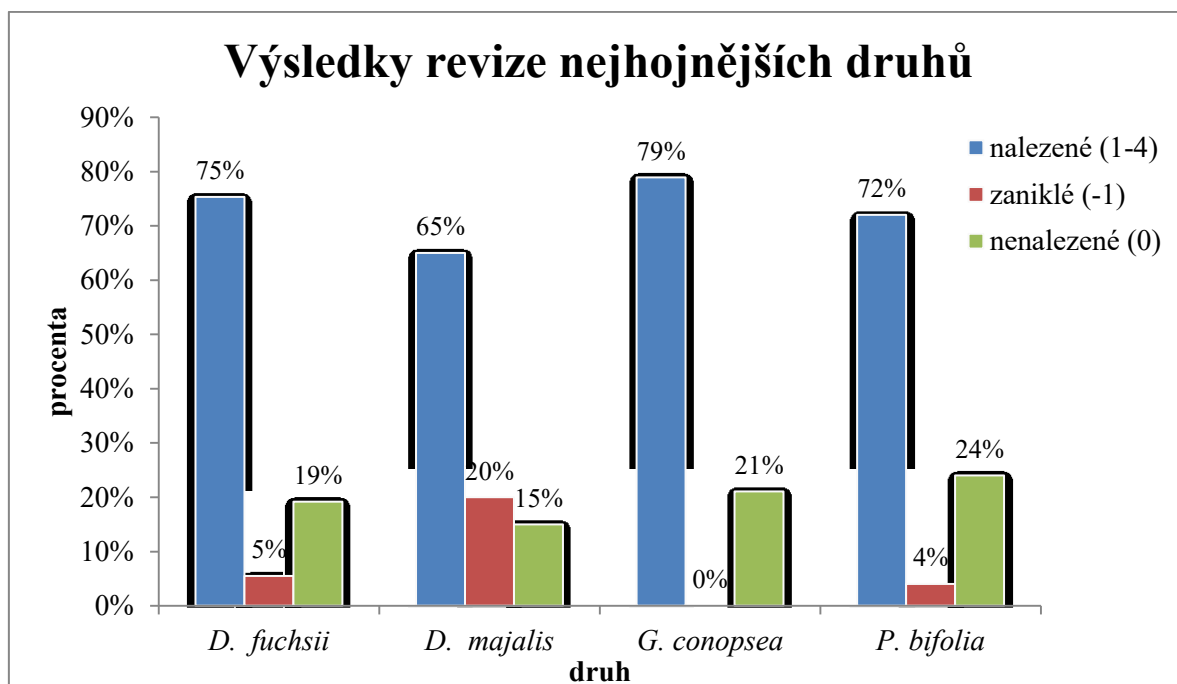
Tabulka 3 - Počty zaniklých lokalit

Důvod zániku	počet
Zárůst lokality	9
Lidská činnost	6
Intenzivní pastva	1
Celkem	16



Obrázek 5 - Důvody zániku revidovaných lokalit

Na obrázku 6 jsou vyjádřeny procenta nalezených, zaniklých a nenalezených lokalit u čtyř nejhojnějších druhů orchidejí. Z grafu lze vyčíst, že množství nalezených lokalit se ve všech čtyřech případech pohybuje mezi 65-80%, nejméně nalezených lokalit (65%) náleží druhu *D. majalis*. Množství nenalezených lokalit jsou u všech čtyř druhů podobné, a to mezi 15 - 24%. Větší rozdíly jsou však u množství zaniklých lokalit, největší podíl připadá na *D. majalis* (20%), oproti *G. conopsea*, u níž nebyla nalezena žádná zaniklá lokalita. U *D. fuchsii* tvoří zaniklé lokality 4% a u druhu *P. bifolia* 5 %. Z těchto výsledků vyplývá, že *D. majalis* čelí největšímu riziku zániku lokalit a představuje proto nejohroženější druh ze čtyř porovnávaných druhů ve vybraném území.



Obrázek 6 - Stavy lokalit čtyř nejhojnějších druhů orchidejí ve vybraném území

4.2. VÝSLEDKY ANALÝZ FAKTORŮ OVLIVŇUJÍCÍ VÝSKYT LOKÁLNĚ NEJHOJNĚJŠÍCH DRUHŮ ORCHIDEJÍ

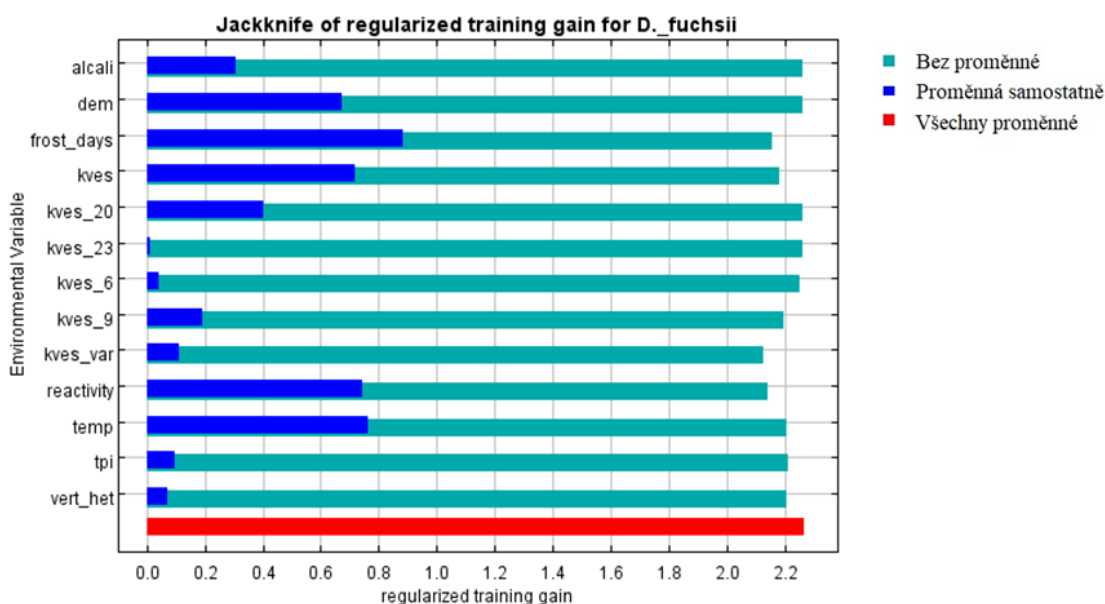
V následujících podkapitolách jsou uvedeny výsledné grafy vytvořené v programu MaxEnt. Pro každý druh jsou zde uvedeny pouze křivky odezvy pro faktory, které měly procentuální podíl na výsledném modelu (dále jen PP) více než 10% (tabulka 4). Pro každý druh je uveden graf jackknife analýzy, jehož interpretace je popsána v kapitole 3.4. Mapy potenciálního výskytu jsou zařazeny v přílohách.

Tabulka 4 - Faktory vyhodnocované v druhé analýze a jejich významnost vyjádřená jako procentuální podíl (PP) na výsledném modelu

Faktor	PP pro <i>D. fuchsii</i>	Faktor	PP pro <i>D. majalis</i>	Faktor	PP pro <i>G. conopsea</i>	Faktor	PP pro <i>P. bifolia</i>
Frost_days	35	reactivity	20,5	dem	47,8	Solar_rad	27,1
reactivity	17	KVES_9	19	KVES	21,5	KVES	25,7
KVES_20	8,9	KVES_6	14,4	KVES_var	11,7	KVES_var	21,6
KVES_9	8,8	dem	13,8	KVES_6	9,7	reactivity	11,4
KVES_var	6,6	KVES	12,8	reactivity	4,3	KVES_6	5,9
KVES	6,5	KVES_var	10,4	Vert_het	1,8	dem	4,6
Alcali	6,2	Vert_het	3,8	Solar_rad	1,7	Vert_het	2,3
TPI	3,2	KVES_20	2,3	TPI	1,2	KVES_29	1,5
KVES_6	2,5	Frost_days	1,3	temp	0,3	TPI	1,5
dem	2,3	Solar_rad	1,2				
Vert_het	1,5	TPI	0,5				
temp	1,3	temp	0,1				
KVES_23	0,1	KVES_23	0				

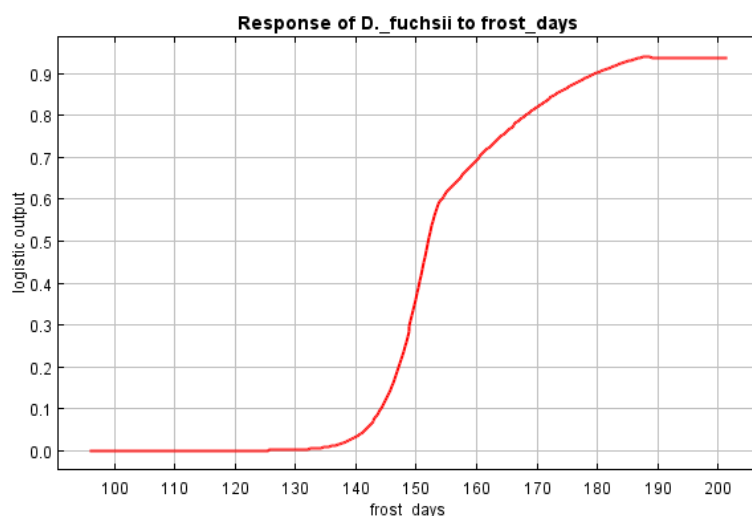
4.2.1. *DACTYLORHIZA FUCHSII*

Pro vytvoření modelu bylo použito 93 nálezů o přítomnosti *D. fuchsii*, hodnota AUC pro tento model je 0,962. Obrázek 7 ukazuje výsledky testu jackknife z druhé analýzy. Podle této analýzy je environmentální proměnnou, která má největší vliv na distribuci *D. fuchsii* počet mrazových dnů za rok (frost_days; 35%). Dalším významným faktorem je také reaktivita podloží na lokalitě (reactivity; 17%). Detailní popis všech procentuálních podílů je v tabulce 4.



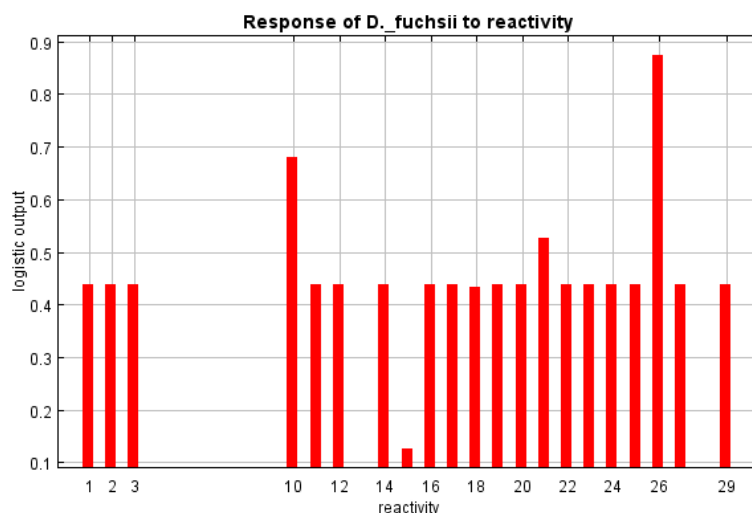
Obrázek 7 - Graf analýzy jackknife pro *D. fuchsii*

Na obrázku 8 lze vidět, že s rostoucím počtem mrazových dnů za rok, roste i pravděpodobnost výskytu *D. fuchsii*. To je typické právě pro horské oblasti, kde se tento druh běžně vyskytuje (Procházka a Velíšek 1983). Tomuto výsledku odpovídají i křivky odezvy nadmořské výšky (dem) a teploty (temp), kdy s rostoucí nadmořskou výškou roste pravděpodobnost výskytu tohoto druhu, naopak s rostoucí teplotou pravděpodobnost výskytu klesá. Závislost na počtu mrazových dnů odpovídá i rozšíření tohoto druhu (severní Evropa, Sibiř).



Obrázek 8 - Křivka odezvy zobrazující vliv počtu mrazových dnů v roce na pravděpodobnost výskytu *D. fuchsii*

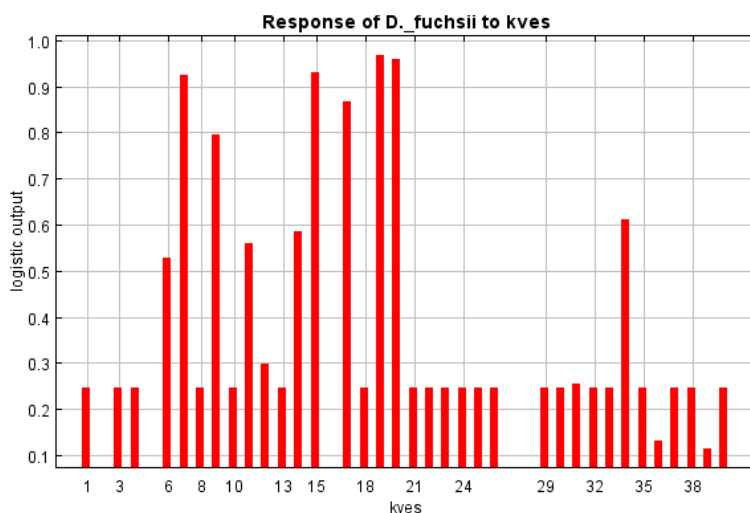
Další proměnnou, která se podle analýzy jeví významně, je geochemická reaktivita podloží (podle Chuman et al. 2014) (obrázek 9). Kategorie č. 26 představuje horniny s nízkou reaktivitou, vysokou citlivostí ke zvětrávání a extrémně nízkým množstvím vápníku. Typ hornin, které odpovídají těmto charakteristikám, jsou hrubozrnné klastické sedimenty, například pískovec, slepenec, arkóza či droba. Kategorie č. 10 jsou metamorfované horniny jako například fylit. Tyto horniny mají podle autorů nízký obsah vápníku, vysokou citlivost ke zvětrávání a střední geochemickou reaktivitu.



Obrázek 9 - Graf závislosti pravděpodobnosti výskytu *D. fuchsii* na reaktivitě podloží

Z obrázku 10, který ukazuje, jaké typy biotopů jsou pro *D. fuchsii* vhodné, vychází jako nejvhodnější mokřady a pobřežní vegetace (č. 19), rašeliniště a prameniště (č. 20),

rašelinné lesy (č. 15), alpské louky (č. 7) a křoviny (č. 17). Jako vhodné vyšly také lužní a mokřadní lesy (č. 9). Všechny tyto ekosystémy se vyznačují podmáčením a vysokou vlhkostí, což odpovídá skutečnosti, ve kterých byla většina jedinců tohoto druhu nalezena, a také údajům v literatuře (Bureš 2013, Procházka a Velísek 1983).

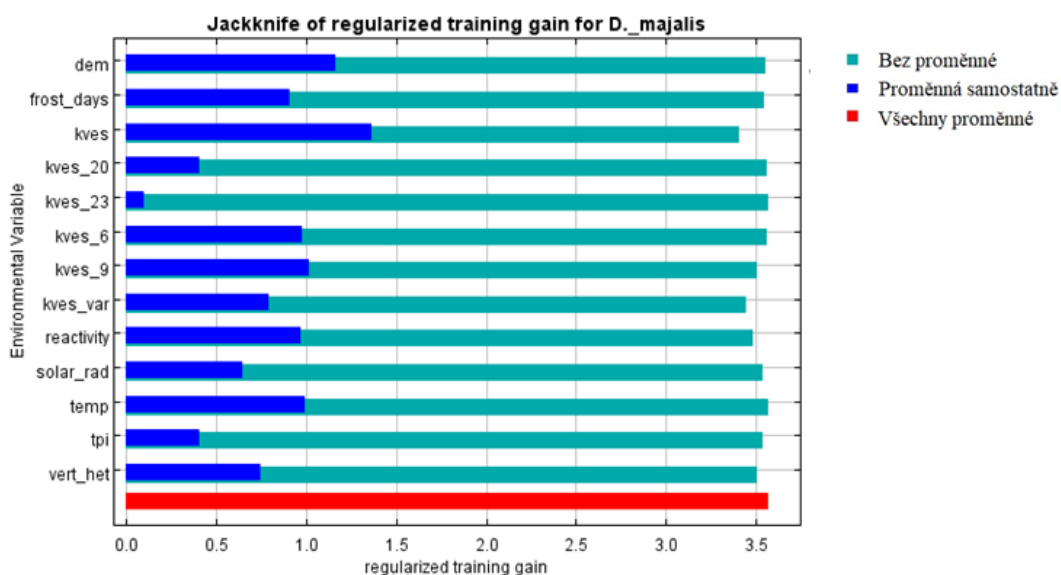


Obrázek 10 - Graf závislosti pravděpodobnosti výskytu *D. fuchsii* na KVES

Z mapy potenciálního výskytu *D. fuchsii* (příloha 3) je patrné, že pro tento druh se vhodné podmínky (žlutá, zelená až modrá barva) vyskytují poměrně často, prakticky na celé ploše CHKO Jeseníky, od nižších nadmořských výšek až nad horní hranici lesa. Jako nejvhodnější se jeví zejména východní strana od hlavního hřebenu (Praděd – Vysoká hole - Velký Máj). Vzhledem k závětrnému efektu hlavního hřebene panují na jihovýchodní závětrné straně studenější podmínky než na straně západní a akumuluje se zde sněhová pokrývka, která pak dává vznik lavinám, například ve Velké a Malé Kotlině (Mgr. David Krause, ústní sdělení). To může být právě příčina většího množství mrazových dnů, které distribuci tohoto druhu podle modelu silně determinují. Mimo oblast CHKO Jeseníky se podle modelu nalézají vhodné podmínky pro výskyt *D. fuchsii* také na území Kralického Sněžníku a Rychlebských hor.

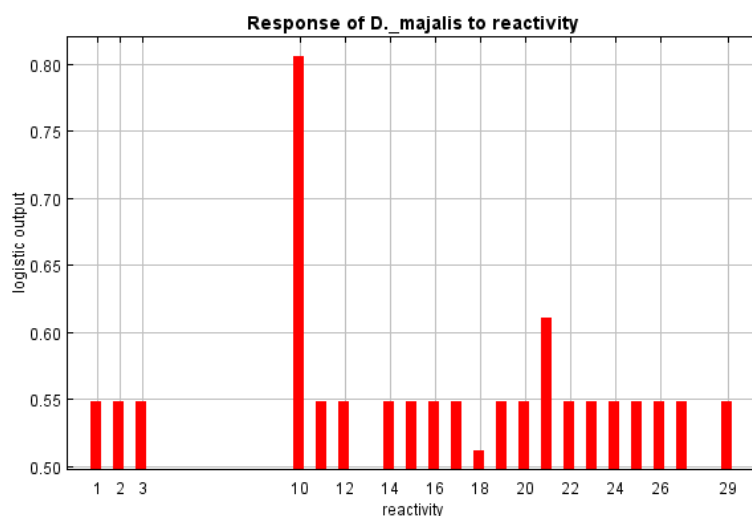
4.2.2. *DACTYLORHIZA MAJALIS*

Model pro *D. majalis* byl vytvořen z 60 pozitivních nálezů, hodnota AUC pro tento model je 0,993. Výsledky analýzy ukazují, že na distribuci tohoto druhu má vliv více faktorů (tabulka 4). Graf metody jackknife je na obrázku 11. Nejvýznamnějším faktorem se jeví reaktivita podloží (reactivity; 20,5%), dále přítomnost lužních a mokřadních lesů (KVES_9; 19) či mezofilních luk (KVES_6; 14,4%). Poměrně velký procentuální podíl na výsledném modelu má i nadmořská výška (dem; 13,8%), KVES (12,8%) či heterogenita krajiny (KVES_var; 10,4%). Detailní popis všech procentuálních podílů je v tabulce 4.



Obrázek 11 - Graf analýzy jackknife pro *D. majalis*

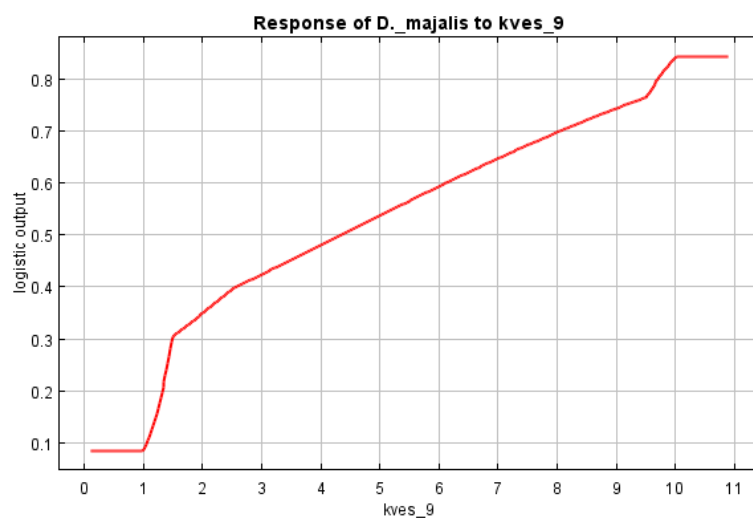
Podle obrázku 12, který znázorňuje závislost *D. majalis* na různých typech podloží (podle Chuman et al. 2014), vychází zcela jasně jako nejvhodnější kategorie č. 10, což jsou opět metamorfované horniny (jako např. fylit), se středně vysokou reaktivitou, nízkým obsahem vápníku a vysokou citlivostí vůči zvětrávání. Vhodným typem podloží by mohlo být také metagabro a dolerit (kategorie č. 21).



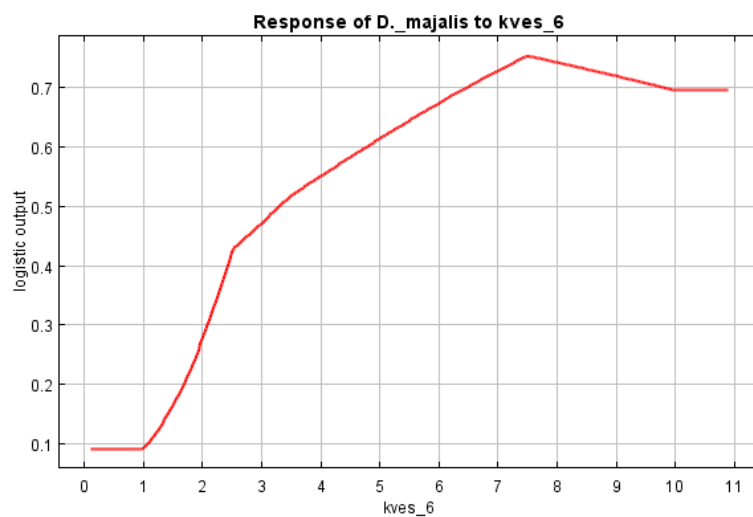
Obrázek 12 - Graf závislosti pravděpodobnosti výskytu *D. majalis* na reaktivitě podloží

Pro výskyt *D. majalis* je dle výsledků zásadní typ biotopu. Jedná se zejména o lužních a mokřadní lesy (KVES_9) a mezofilní louky (KVES_6). Z obrázku 13 a 14 je patrné, že s rostoucím množstvím těchto biotopů v rámci jednoho pixelu vzrůstá i pravděpodobnost výskytu *D. majalis*. Právě mezofilní louky byly nejpodstatnější proměnnou určující distribuci *D. majalis* v modelu, který se zabýval výskytem orchidejí v jižních Čechách (Kosánová 2017). Tento druh dává přednost světlým stanovištím před polostinnými (Bureš 2013), přesto pro studované území vycházejí lužní a mokřadní lesy jako vhodný biotop. Častým biotopem tohoto druhu jsou vlhké pcháčové louky (Jersáková a Kindlmann 2004, Chytrý et al. 2010).

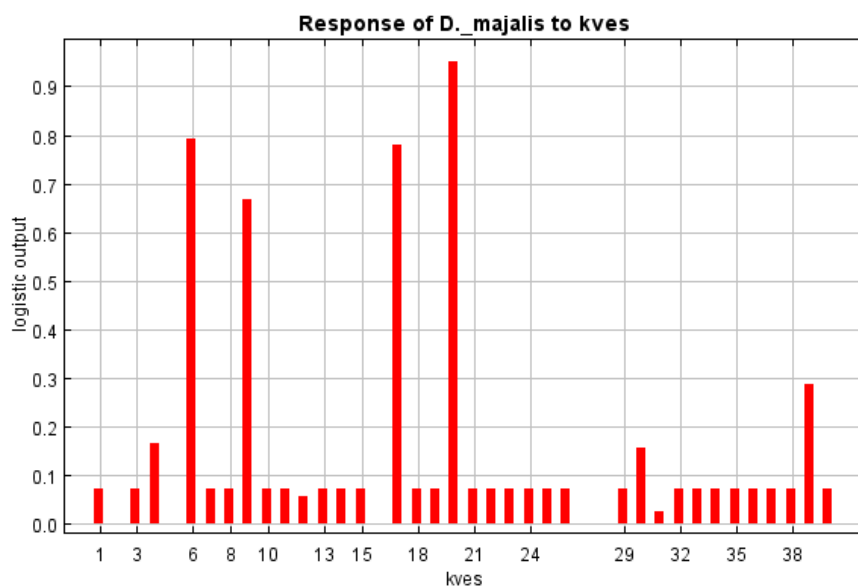
Dle obrázku 15 jsou však důležitým biotopem především rašeliniště a prameniště (č. 20), což odpovídá skutečnosti i literatuře (Procházka a Velíšek 1983, Bureš 2013). V grafu jackknife (obrázek 11) však tento faktor velké významnosti nedosáhl. Podobně jako u *D. fuchsii* mají vysokou pravděpodobnost výskytu i křoviny (č. 17).



Obrázek 13 - Křivka odezvy zobrazující pravděpodobnost výskytu *D. majalis* na množství mokřadních lesů (KVES_9)

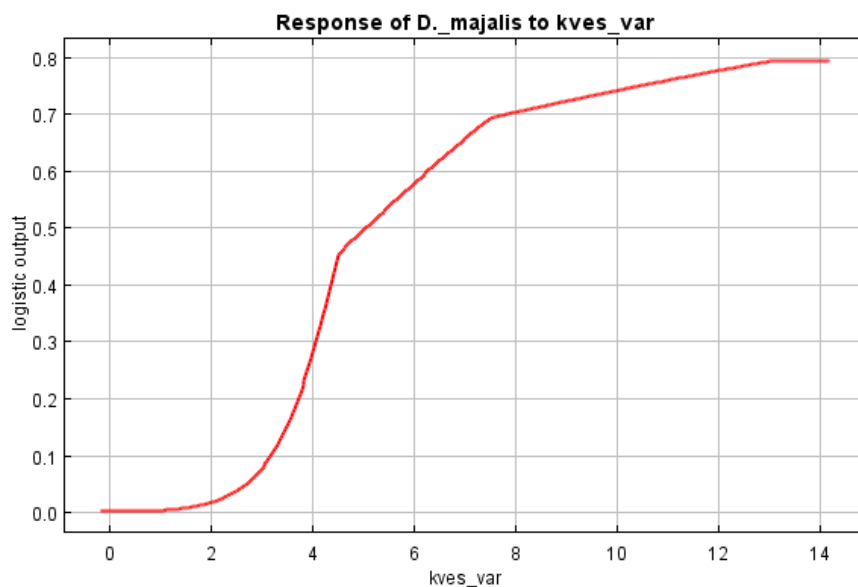


Obrázek 14 - Křivka odezvy zobrazující pravděpodobnost výskytu *D. majalis* na množství mezofilních luk (KVES_6)



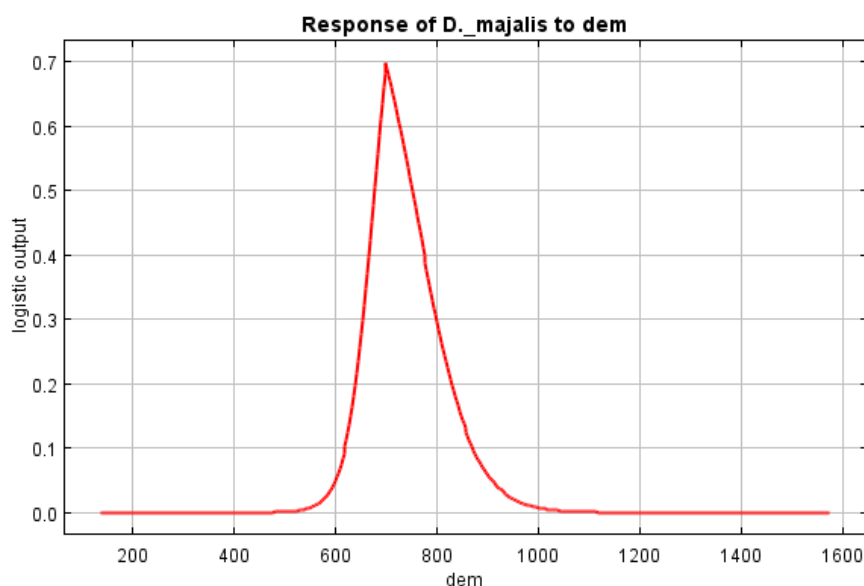
Obrázek 15 - Graf závislosti pravděpodobnosti výskytu *D. majalis* na KVES

U *D. majalis* má heterogenita krajiny (kves_var) větší vliv než u *D. fuchsii*. Tento faktor, vyjadřující jemnost krajinné mozaiky, hrál roli také v modelu distribuce *D. majalis* v jižních Čechách u Kosánové (2017). Z obrázku 16 lze vyčíst, že s rostoucím kves_var, tedy větší heterogenitou prostředí a drobnějším zrnem krajiny, roste i pravděpodobnost výskytu *D. majalis*.



Obrázek 16 - Křivka odezvy zobrazující pravděpodobnost výskytu *D. majalis* na heterogenitě krajiny

V této analýze se jeví jako důležitý faktor také nadmořská výška (dem). Křivka odezvy pro nadmořskou výšku (obrázek 17) ovšem neodpovídá skutečnosti, jelikož vymezuje výskyt druhu pouze na úzké rozmezí nadmořských výšek (zejména kolem 700 m n. m.), což pro *D. majalis* rozhodně neplatí. Vyskytuje se běžně v nížinách, ale uvádí se výskyt i v nadmořské výšce 1380 m n.m. v Krkonoších (Bureš 2013). Proto není tento faktor brán jako podstatný.

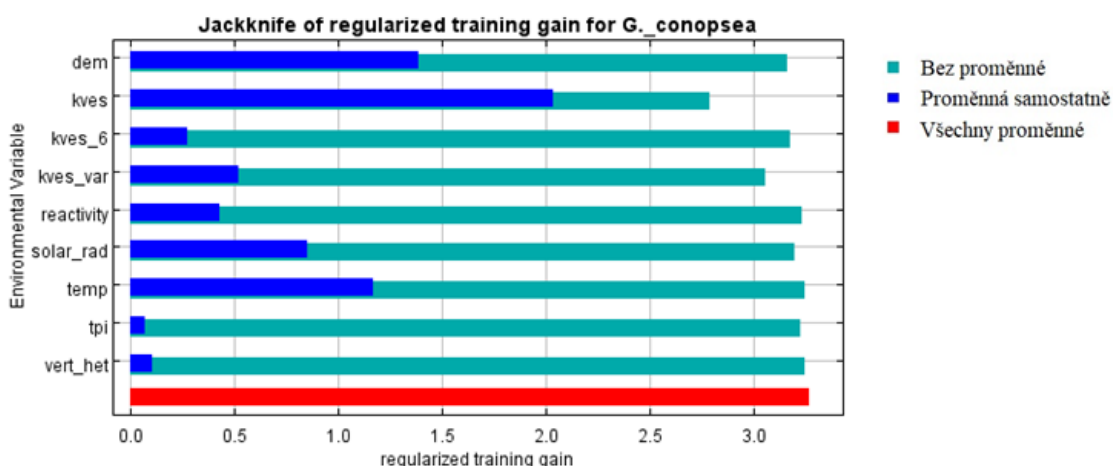


Obrázek 17 - Křivka odezvy zobrazující pravděpodobnost výskytu *D. majalis* na nadmořské výšce

Srovnáme-li mapy potenciální distribuce u *D. fuchsii* a *D. majalis*, je zcela zřejmé, že vhodné podmínky pro výskyt *D. majalis* jsou, na rozdíl od *D. fuchsii*, mnohem méně časté a zdaleka ne tak celoplošně rozprostřené (příloha 4). Jedná se zejména o chráněná rašeliniště (například PR U Slatinného potoka, PR Růžová, PR Pstruží potok, PR Skalské rašeliniště, aj.), kde populace dosahují tisíců jedinců a kde je pravidelně zajišťován vhodný management. Existují i menší populace, vždy však vázané na podmáčená stanoviště, roztroušená v krajině. Největší pravděpodobnosti výskytu dosahuje znatelně tento druh opět východně od hlavního hřebenu Jeseníků. Vhodné lokality jsou dle mapy potenciální distribuce také severněji v NPR Rejvíz, okolí Horního Údolí, Ramzové, Ostružné či PR Filipovické louky (na všech těchto lokalitách potvrzuje existenci tohoto druhu i Bureš 2013).

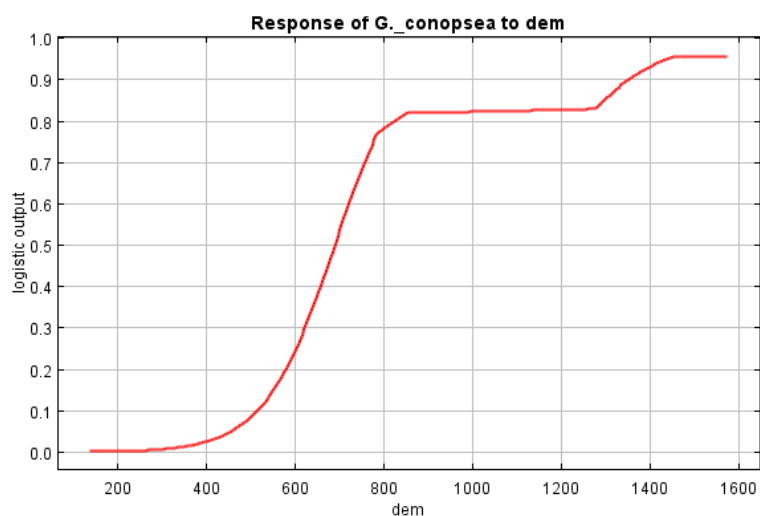
4.2.3. *GYMNADENIA CONOPSEA*

Pro analýzu tohoto druhu bylo použito 34 pozitivních nálezů, hodnota AUC je 0,988. Pro *G. conopsea* je podle analýzy nejvýznamnějším faktorem nadmořská výška (dem; 47,8%), dále konsolidovaná vrstva ekosystémů (KVES; 21,5%) a heterogenita krajiny (KVES_var; 11,7%). Detailní popis všech procentuálních podílů je v tabulce 4. Graf jackknife je uveden na obrázku 18.



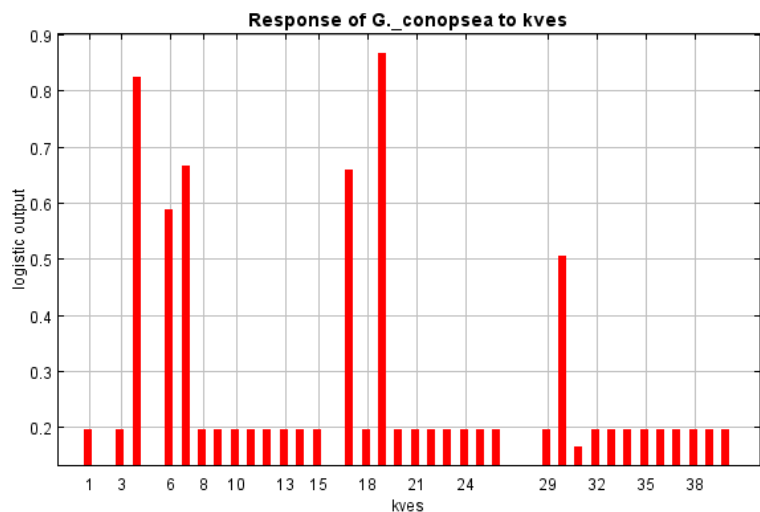
Obrázek 18 - Graf analýzy jackknife pro *G. conopsea*

Na obrázku 19 je znázorněna pravděpodobnost výskytu *G. conopsea* v závislosti na nadmořské výšce. Z obrázku je zcela zřejmé, že se stoupající nadmořskou výškou roste i pravděpodobnost výskytu tohoto druhu ve zkoumaném území. To odpovídá skutečnému rozšíření, jelikož se jedná o druh vyskytující se na našem území roztroušeně především ve vyšších nadmořských výškách (Procházka a Velísek 1983).



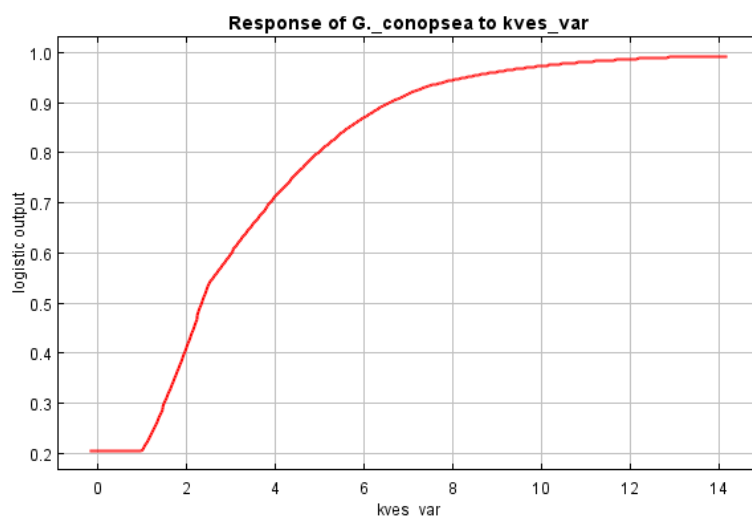
Obrázek 19 - Křivka odezvy zobrazující pravděpodobnost výskytu *G. conopsea* na nadmořské výšce

Obrázek 20 ukazuje afinitu tohoto druhu k různým typům prostředí (KVES). Z obrázku lze vyčíst, že preferovanými biotopy pro *G. conopsea* jsou opět mokřady a pobřežní vegetace (č. 19), dále aluviální a vlhké louky (č. 4), alpinské louky (č. 7), mezofilní louky (č. 6) a stejně jako u předchozích dvou druhů přírodní křoviny (č. 17).



Obrázek 20 - Graf závislosti pravděpodobnosti výskytu *G. conopsea* na KVES

Závislost výskytu *G. conopsea* na heterogenitě krajiny a jemnosti krajinné mozaiky je znázorněna na obrázku 21. Podobně jako u *D. majalis*, pravděpodobnost výskytu tohoto druhu roste s rostoucí variabilitou biotopů.

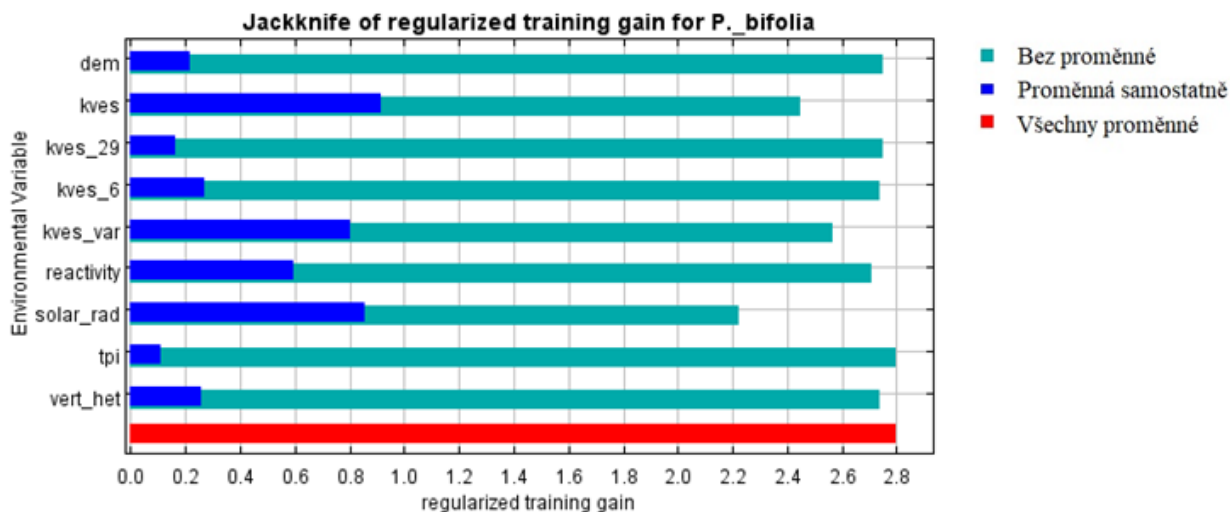


Obrázek 21 - Křivka odezvy zobrazující pravděpodobnost výskytu *G. conopsea* na heterogenitě krajiny

Mapa potenciálního výskytu *G. conopsea* (příloha 5) ukazuje, že vhodné podmínky pro tento druh jsou zejména ve výše položených partiích Hrubého Jeseníku, kde vystupuje i nad hranici lesa, ale i v podhůří na obou stranách hřebenu. Výsledky odpovídají údajům z literatury, podle níž roste tento druh převážně ve vyšších nadmořských výškách a to jak ve vlhkých, tak i v sušších podmínkách (Bureš 2013).

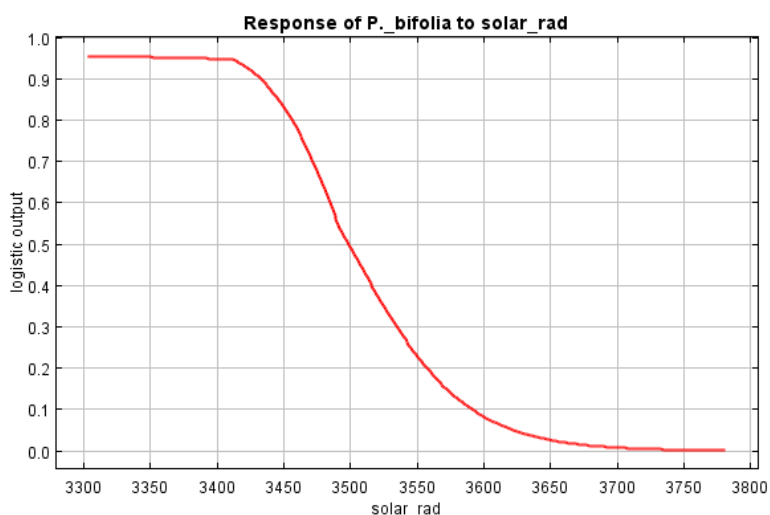
4.2.4. *PLATANThERA BIFOLIA*

Model pro tento druh byl vytvořen z 25 pozitivních nálezových dat, hodnota AUC je 0,976. Významnými faktory se ukázaly být množství solární radiace (*solar_rad*; 27,1%), KVES (25,7%) a variabilita KVES (*KVES_var*; 21,6%). V poslední řadě také reaktivita podloží (*reactivity*; 11,4%). Detailní popis všech procentuálních podílů je v tabulce 4. Graf jackknife je zobrazen na obrázku 22.



Obrázek 22 - Graf analýzy jackknife pro *P. bifolia*

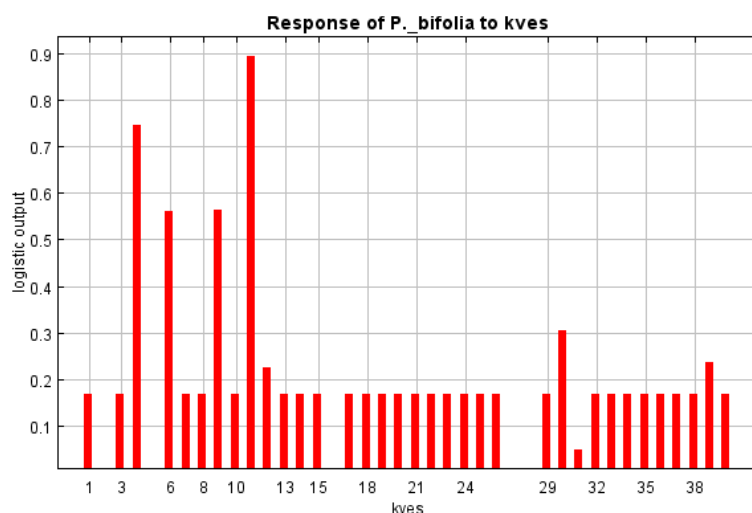
Obrázek 23 vyjadřuje závislost pravděpodobnosti výskytu *P. bifolia* na množství solární radiace a ukazuje, že tento druh se vyskytuje spíše v zastíněnějších místech než na místech, kde dopadá větší množství slunečního záření. Podle literatury (Bureš 2013) to mohou být například lesní lemy, postupně zarůstající mezofilní louky a pastviny či olšiny.



Obrázek 23 - Křivka odezvy zobrazující pravděpodobnost výskytu *P. bifolia* na množství slunečního záření

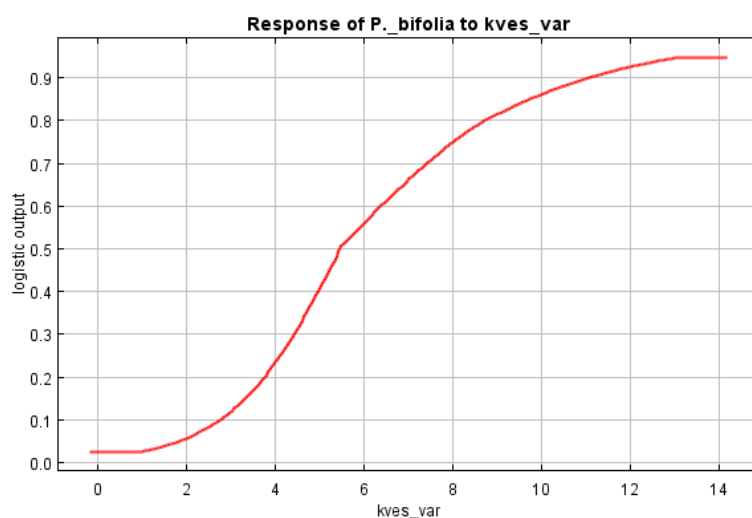
Nejpreferovanějším biotopem podle této analýzy (obrázek 24) jsou suťové lesy (č. 11), aluviální a vlhké louky (č. 4), mezofilní louky (č. 6), lužní a mokřadní lesy (č. 9) či smíšené hospodářské lesy (č. 30). Výsledky jsou v souladu s údaji v literatuře (Procházka a Velíšek 1983, Průša 2005, Bureš 2013), tedy že tento druh má širokou

ekologickou amplitudu a může růst jak na slunných i stinných stanovištích (louky, lesy), tak i na sušších i vlhčích biotopech. Podle Chytrého et al. (2010) se tento druh vyskytuje především na suchých trávnících a doubravách. Do druhé analýzy byly zahrnuty i hospodářské lesy listnaté (KVES_29), jelikož byly v předchozí analýze vyhodnoceny jako nejvýznamnější biotop.



Obrázek 24 - Graf závislosti pravděpodobnosti výskytu *P. bifolia* na KVES

Obrázek 25 znázorňuje vliv heterogenity krajiny na výskyt *P. bifolia*. Je vidět, že s rostoucí s rostoucí heterogenitou krajiny roste i pravděpodobnost výskytu *P. bifolia*, podobně jako tomu bylo u *D. majalis* a *G. conopsea*.



Obrázek 25 - Křivka odezvy zobrazující pravděpodobnost výskytu *P. bifolia* na heterogenitě krajiny

Z mapy potenciální distribuce *P. bifolia* (příloha 6) je patrné, že se tento druh nevyskytuje v nejvyšších partiích Hrubého Jeseníku a roste spíše v podhůří na západní straně hřebene, například v okolí obcí Loučná nad Desnou, Přemyslov, dále Klepáčov, Sobotín a Vernířovice. Vhodné podmínky pro tento druh jsou i mimo oblast CHKO Jeseníky, v oblasti Hanušovické vrchoviny, například okolí Rudy nad Moravou.

5. DISKUZE

Cílem první části této práce bylo vyhodnotit mnou revidované lokality z hlediska jejich existence či zániku. Aby bylo možné celkově vyhodnotit stav lokalit na základě revizí, bylo by nutné navštívit všechny uváděné lokality. To však vzhledem k vysoké početnosti údajů nebylo možné. Za krátkou vegetační sezónu našich druhů (většinou přibližně měsíc až dva pro každý druh) lze stihnout navštívit jen omezený počet lokalit. Komplexní mapování by zabralo několik let, a to i pro několik osob. Samozřejmě by bylo možné provést komplexní zmapování menší plochy, např. pouze jednoho čtverce. To by ovšem bylo na úkor zmapování co největší plochy a nebylo by pak možné provést analýzu faktorů pomocí programu MaxEnt, což bylo hlavní náplní této práce. Pro modelování samozřejmě platí, že čím méně dat, tím horší predikce. Proto bylo potřeba zajistit co největší množství dat a na co největší ploše, aby bylo pokryto větší spektrum podmínek pro následné modelování.

Bylo by jistě vhodnější, kdyby mapování probíhalo více než jednu sezonu kvetení, protože jak již bylo uvedeno, nadzemní orgány orchidejí nevyrůstají každý rok (dormantní stav) a během klimaticky nepříznivých (např. suchých) let neprodukují rostliny téměř žádné květenství (Maad a Alexandersson 2004, Jersáková a Kindlmann 2006). Aby bylo možné vyloučit to, že orchideje na dané lokalitě se nacházejí v dormantním stavu a přežívají nadále ve formě podzemních orgánů, měla by se revize lokality opakovat po dobu tří let. Při delší absenci výskytu jsou rostliny považovány za mrtvé (Jersáková a Kindlmann 2004). I malé změny v plodnosti nebo mortalitě však mohou mít velké následky pro přežívání populací (Watkinson 1985). Proto byla zvolena patřičná metodika a použit program pracující s presence-only daty, aby byl výsledek co nejméně zatížen chybou, že by lokalita s právě nekvetoucími jedinci byla označena bez nálezu. Kindlmann a Balounová (1999) předpokládají, že nepravidelné režimy kvetení mohou být příznačné pro lokality s dočasně nebo trvale klesající populací a nevyskytují se v populacích prosperujících – alespoň u *D. majalis*. Lze tedy předpokládat, že i u lokalit nenalezených (kategorie 0) je pravděpodobné, že populace zde buď již neexistuje, nebo se blíží zániku. Obecně, mnoho druhů orchidejí, které považujeme za místně ohrožené, se pravděpodobně objevuje ve stárnoucích populacích, jelikož příležitosti pro vznik nových jedinců vymizely (Rasmussen et al. 2015). To se může dít na místech, kde byly habitaty degradovány a dochází k poklesu populace vlivem postupného vymírání dospělých jedinců,

tzv. extinkční dluh. I na lokalitách, kde orchideje v současné době vymizely, má ale smysl aplikovat vhodný management, protože semena orchidejí vydrží v semenné bance životaschopná i po několik let (Whigham et al. 2006). Jako spouštěče klíčení semen mohou být podle Barsberga et al. (2013) degradace ligninu či hromadění CaCO_3 v osemeni. Pokud nastanou vhodné podmínky (dostatek světla, vlhkost, mykorrhiza, kosení, atd.), semena mohou vyklíčit a obnovit dřívější populaci.

Pro srovnání stavu lokalit orchidejí v jiné oblasti lze uvést práci Kosánové (2017), kde mapování probíhalo ve stejném roce a stejnou metodikou. Ve zmiňované práci, kde byla zpracována oblast jižních Čech, byla polovina lokalit nalezena (50%), 30% lokalit nenalezeno a 20% lokalit bylo označeno za zaniklé. Rozdíl mezi oblastmi je patrný v nalezených a zaniklých lokalitách. V této práci byla potvrzena existence 2/3 (66%) lokalit a pouze 8% lokalit bylo označeno za zaniklé. Procenta nenalezených jsou podobná (zde 25%). Menší procento zaniklých lokalit je zapříčiněno zřejmě tím, že většina studované plochy v této práci spadá do oblasti CHKO Jeseníky a lze tedy říct, že ochrana přírody je zde v tomto směru efektivní. Důvody zániku lokalit byly podobné, více než v polovině případů šlo o zarůstání lokality a ve třetině případů pak o změnu využití území, tedy lidskou činnost.

Druhá část této práce se týká vyhodnocení nejvýznamnějších faktorů, které podmiňují výskyt nejhojnějších druhů ve studovaném území. Pro přesnost modelování hraje roli jednak zvolená velikost pixelů a také počet použitých dat a jejich rozmístění. Velikost pixelů se v ostatních pracích pohybuje od 250×250 m (Deka et al. 2017) po 5×5 km (Tsiftsis et al. 2009), nejčastější rozlišení je 1×1 km (Tsiftsis et al. 2012, Hsu 2013, Reina-Rodríguez et al. 2016), což je více než velikost pixelů použitá v druhé analýze této práce (50×50 m). Jak už bylo řečeno, tyto studie zkoumají mnohem rozsáhlejší území (celé státy či části kontinentů) a vyhodnocují převážně jen bioklimatické faktory, pro které je takovéto rozlišení dostačující. Jelikož jsem se ale zabývala územím mnohem menším, musela být zvolena menší velikost pixelů. To je výhodné z důvodu detailnějšího vyhodnocení heterogenity krajiny, zejména co se týče KVES a KVES_var. Typ biotopu a heterogenita krajiny se totiž jeví v tomto měřítku jako významné faktory, a to pro *P. bifolia*, *D. majalis* i *G. conopsea*.

S rostoucím počtem vstupních dat roste i robustnost modelu. I přes snahu o získání maximálního množství dat o výskytu druhů na co největší ploše, byly zde ukázány modely

pouze pro čtyři nejhojnější druhy, u nichž byl počet pozitivních nálezů alespoň 20 a více (první analýza byla provedena pro všechny druhy). To je relativně málo v porovnání se studiemi, ve kterých byl vytvářen model pro území celých států, kde data dosahují stovek až tisíců (např. Vollering et al. 2016, Tsiftsis et al. 2011, Vogt-Schilb et al. 2015, aj.). Ale například Wan et al. (2014) použili pro modelování druhy s více než 5 nálezy, například pro *G. conopsea* se pracovalo pouze se 6 záznamy. Hernandez et al. (2006) udávají, že rozumné výsledky podává MaxEnt i při 5 vstupních datech o výskytu, a dále že modely vytvořené z 50 a více údajů jsou téměř shodné s modely, které byly vytvořené z dvojnásobného množství údajů. Z toho vyplývá, modely předkládané v této práci jsou vytvořeny z dostatečného množství dat.

Použití MaxEntu má však i svá omezení, a to zejména pro druhy s úzkým geografickým rozšířením. Tyto druhy obývají většinou malá stanoviště se specifickými podmínkami, která nelze postihnout ani detailním měřítkem modelu. Navíc takové populace, roztroušené v krajině, jsou často limitovány spíše ekologickými faktory (bariéry bránící rozšíření, biotické interakce, aj.) než faktory klimatickými a geografickými, které model vyhodnocuje (Hernandez et al. 2006, Kindlmann et al. 2017). To platí právě pro vzácné druhy, např. *C. viride*, *T. globosa* či *P. albida*, které se vyskytují pouze ve vrcholových partiích Jeseníků.

V první analýze, ve které se vyhodnocovaly především klimatické faktory, nebylo možné extrapolovat výsledky na celou ČR, jelikož model vyhodnotil vhodné podmínky pro výskyt pouze ve studovaném území. To naznačuje, že i nerovnoměrný sběr dat může mít vliv na kvalitu modelu. Zvolená kombinace faktorů byla zřejmě jedinečná pro studované území (stejně jako by byla pro kterékoli jiné) a program na celém území ČR identické podmínky nenalezl. To ovšem neznamená, že jiné podmínky nejsou pro výskyt daného druhu vhodné.

Existuje celá mnoho studií, které se zabývají vlivem lokálních faktorů na výskyt orchidejí. Řada z nich vychází i z měření půdních vlastností, které hrají velkou roli (Stuckey 1967, Wassen et al. 2005, Hejerman et al. 2010, Montgomery 2014). Jsou jimi například obsah dusíku a fosforu v půdě, její pH, složení bylinného, keřového a stromového patra, aj. Tyto proměnné, které mají jistě pro výskyt orchidejí svůj význam, však během mého mapování zjišťovány nebyly. Podobně jako konkrétní složení vegetace na každé lokalitě. Tato informace je však částečně zahrnuta pomocí proměnné KVES. Jako jednou z nejdůležitějších informací je management na dané lokalitě, který do modelu také nebylo

možné zařadit. I přesto, že jsou tyto informace důležité, nebyly v této práci zkoumány, jelikož jejím cílem bylo spíše otestovat využití programu MaxEnt z dostupných dat pro výskyt orchidejí na maloplošném území.

Vzhledem k obsahu práce, nelze srovnávat výsledky s ostatními pracemi na podobné téma. Každá studie, využívající metody ekologického modelování, je jedinečná, a to jak studovaným územím (jeho vlastnostmi, plochou), použitým měřítkem, posuzovanými proměnnými (a zároveň kvalitou jejich odhadu) a zkoumanými druhy (Hernandez et al. 2006). Vlivy faktorů se budou lišit na různých místech a i pro různé druhy (např. pro epifytické druhy orchidejí v Jižní Americe a pro terestrické orchideje Evropy). Srovnatelné výsledky pro tuto práci lze najít pouze u Kosánové (2017), kde se posuzují dva shodné druhy orchidejí (*D. majalis* a *P. bifolia*). Navíc výstupy z některých studií jsou pouze ve formě vytvořených map potenciální distribuce a jejich interpretace (např. za účelem navrhování sítě chráněných území nebo určování migračních cest v minulosti), významnost jednotlivých faktorů není pro účely takovýchto prací podstatná a autoři tyto informace tedy neuvádějí (Díaz et al. 2009, Hsu 2011, Wan et al. 2014).

Z výsledků programu MaxEnt lze vyčíst celou řadu informací. Podstatnou roli hrály v modelech všech čtyřech druhů faktory **KVES** a **KVES_var**, které charakterizují preferované typy biotopů, jejich podíl a rozmístění v krajině, kde vždy platí, že čím jemnější krajinná mozaika, tím větší pravděpodobnost výskytu studovaných druhů. V tabulce 5 jsou vypsány nejvýznamnější kategorie KVES podle výsledků analýz. Nejčastěji se jako vhodný biotop vyskytovaly lužní a mokřadní lesy (č. 9), mezofilní louky (č. 6) a křoviny (č. 17).

Tabulka 5 - Nejvhodnější biotopy pro studované druhy podle MaxEntu

KVES	<i>D. fuchsii</i>	<i>D. majalis</i>	<i>G. conopsea</i>	<i>P. bifolia</i>
Lužní a mokřadní lesy (č. 9)	•	•		•
Mezofilní louky (č. 6)		•	•	•
Křoviny (č. 17)	•	•	•	
Rašeliniště a prameniště (č. 20)	•	•		
Mokřady a pobřežní vegetace (č. 19)	•		•	
Alpínské louky (č. 7)	•		•	
Aluviální a vlhké louky (č. 4)			•	•

Konkrétně pro druh *D. majalis* vyšly podobné výsledky ve studii z jižních Čech (Kosánová 2017). I ve zmiňované práci rostla pravděpodobnost výskytu tohoto druhu s rostoucím množstvím mezofilních luk a heterogenitou krajiny. Naopak reaktivita podloží významná nevyšla. Dalším společně studovaným druhem byla *P. bifolia*, jejíž výskyt podle Kosánové (2017) byl ovlivňován především proměnnou KVES, dále zastoupením suchých trávníků (KVES 5) a alkalitou a reaktivitou podloží. Solární radiace, která vyšla v této práci jako nejvýznamnější faktor pro *P. bifolia*, nebyla ve studii od Kosánové (2017) významná. Tyto rozdíly mohou být zapříčiněny různými nadmořskými výškami studovaných oblastí, která se u Kosánové (2017) pohybovala zhruba od 400 do 800 m n.m. Typ vegetačního pokryvu se ukázal být jedním z nejvýznamnějších faktorů u celé řady modelů týkajících se výskytu orchidejí (Reina-Rodríguez et al. 2016)

Pro oba studované druhy rodu *Dactylorhiza*, vychází jako důležitý faktor reaktivita podloží. Společným typem pro oba druhy jsou metamorfované horniny (např. fylit).

Všechny vytipované druhy podloží mají nízký obsah vápníku, nízkou až střední reaktivitu a vysokou citlivost ke zvětrávání. Podle výsledků jiných studií je geologický substrát, který z velké části určuje vlastnosti půdy, jeden z hlavních faktorů podmiňující výskyt orchidejí (Tsiftsis et al. 2011). Nejbohatší výskyt orchidejí zde připadal na vápenaté horniny s vyššími hodnotami pH. Typ půd společně s nadmořskou výškou a vegetací se ukázaly být hlavními faktory při výzkumu distribuce orchidejí v Makedonii (Tsiftsis et al. 2012).

Podle Katalogu biotopů České republiky (Chytrý et al. 2010) se *D. fuchsii* a *D. majalis* vyskytují (mimo jiné) na nevápnitých mechových slatiništích, v nichž převládá slabě kyselé reakce nebo neutrální reakce. Tento typ biotopu, který se vyskytuje i v subalpínském stupni, tak odpovídá výsledkům analýzy těchto dvou druhů jak typem biotopu, tak nízkým obsahem vápníku. *D. fuchsii* se podle Katalogu biotopů České republiky (Chytrý et al. 2010) vyskytuje také na podhorských a horských smilkových trávnicích, což jsou většinou pastviny nebo louky kyselých a málo produktivních půd, většinou na písčité zvětrávacích substrátech. To je opět v souladu s výsledkem analýzy, podle které se tento druh vyskytuje především na sedimentárních horninách, jako pískovec.

Co se týče klimatických faktorů, tak významnější vliv má pouze počet mrazových dnů u *D. fuchsii* a množství solární radiace u *P. bifolia*. Průměrná roční teplota vychází pro všechny studované druhy jako jeden z nejméně významných faktorů podmiňující výskyt, ačkoli v některých modelech se ukázala být podstatnou proměnnou (Tsiftsis et al. 2011, Kolanowska et al. 2016a, Reina-Rodríguez et al. 2016). Distribuce různých druhů se v některých studiích ukazuje být determinována sezonalitou teplot (Kolanowska a Szlachetko 2014, Kolanowska et al. 2016b). Vliv průměrné roční teploty Podle Fittera et al. (1995) se může projevit u doby kvetení, a to takový, že kvetení může být zpožděno vysokými teplotami z minulého podzimu.

Průměrné množství srážek, které bylo zahrnuto v první analýze, také nebylo signifikantní pro žádný druh, a tudíž tento faktor nebyl zahrnut do druhé analýzy. Předpokládala jsem, že množství srážek naopak významné bude, jelikož může ovlivnit míru vlhkosti a podmáčení, které je pro *D. fuchsii* nebo *D. majalis* důležité. V některých studiích se právě průměrné množství srážek ukazuje být jedním z nejvýznamnějších faktorů (Wells 1967, Tsiftsis et al. 2011, Angulo et al. 2012, Montgomery 2014, Wang et al. 2015, Deb et al. 2017). Hrubý Jeseník patří k nejdeštivějším oblastem na našem území (nad 1500 mm ročně). Je možné, že pokud by bylo množství srážek menší, mohlo by se stát pro výskyt

orchidejí limitující a ovlivňovalo by pak jejich distribuci. Podle Coatese et al. (2006) souvisí podzimní nebo zimní dešťové srážky v minulém roce negativně s celkovým množstvím rostlin, zřejmě kvůli nastupující kompetitivnímu efektu rozrůstajících se trav v dobrých podmínkách počasí. Srážky a teplota na jaře a v létě daného i předešlého roku ovlivňují velikost rostlin v daném roce (Jersáková a Kindlmann 2004). Malé výkyvy těchto faktorů se nemusí projevit ve velké míře, vliv však mají extrémní hodnoty (velké sucho, vydatné deště, apod.).

Jak bylo zmíněno v úvodu, většina prací, ve kterých byl použit program MaxEnt v souvislosti s orchidějemi, se zabývala pouze klimatickými faktory, a to na území celých států, ostrovů či částí kontinentů (Tsiftsis et al. 2011, Angulo et al. 2012, Kolanowska 2013a, Wan et al. 2014, Vogt-Schilb et al. 2015, Debt et al. 2017). Jelikož se ale tato práce zabývá mnohem méně rozsáhlým územím než zmiňované studie, je možné, že rozdíly v klimatických faktorech nejsou na takovéto ploše znatelné a tudíž nejsou v tomto měřítku faktory, jejichž rozdíly by zásadně ovlivňovaly rozdíly v distribuci orchidejí.

Některé studie, zabývající se rozšířením orchidejí v závislosti na klimatických podmínkách, pracují s faktory udávanými v průměrných ročních hodnotách (Hsu 2013, Reina-Rodríguez et al. 2016), jiné specifikují časová období podle jejich extremity (např. minimální teplota v nejchladnějším měsíci, množství srážek během nejsuššího měsíce, apod.) (Tsiftsis et al. 2012, Wan et al. 2013, Kolanowska a Szlachetko 2014, Kolanowska et al. 2016a, Kolanowska et al. 2016b, Vollering et al. 2016). Jak již bylo řečeno, extrémní hodnoty například teploty či srážek, mohou ovlivnit velikost rostlin (Jersáková a Kindlmann 2004), která pak může souviset s její odolností či schopností rozmnožování, a tím ovlivnit i možnost přežívání a dalšího šíření. Významný vliv extrémních klimatických faktorů byl prokázán v několika studiích, například vliv množství srážek v nejsušším měsíci (Vollering et al. 2016), průměrné teploty v nejsušším měsíci (Vollering et al. 2016), průměrné teploty a množství srážek v nejchladnějším měsíci (Kolanowska a Szlachetko 2014, Kolanowska 2015) či vliv nejnížší teploty v nejchladnějším měsíci (Kolanowska 2015). Vliv tedy mohou mít relativně krátká období s extrémními podmínkami (např. krátké periody silného sucha nebo mrazu), které mohou způsobit vážné poškození populace (Janečková et al. 2006). Pokud krátké periody extrémního počasí mají vliv, potom mohou být skryty v dlouhodobých průměrech, a tudíž jejich efekt zůstane nerozpoznán. Tyto extrémní stavy teplot a srážek nebyly v této práci použity opět z důvodu

velikosti zvoleného měřítka. Tato data by byla dostupná pouze v měřítku 1×1 km, což je dostačující pro studie na úrovni celých států či kontinentů, ne však pro takto detailní analýzu v měřítku 50×50 m.

Geografické faktory (vertikální heterogenita terénu, TPI) nedosáhly ani u jednoho zkoumaného druhu významnějšího podílu, vždy byly pod 5% PP. Významným geografickým faktorem je pro mnoho druhů orchidejí nadmořská výška (Kolanowska 2015). Oblasti vyšších nadmořských výšek bývají pro výskyt orchidejí významné, a to vlivem dostupnosti vhodných přírodních biotopů (Tsiftsis et al. 2011), což může vést k tomu, že se v těchto podmínkách nachází často největší diverzita druhů orchidejí (Vollering et al. 2016). Tato proměnná sama o sobě je nejdůležitějším faktorem pro výskyt *G. conopsea*, pro ostatní druhy je podle analýzy nevýznamná. Výsledky však ukázaly, že *D. fuchsii* snáší dobře mrazové podmínky a může se tudíž vyskytovat ve vyšších nadmořských výškách, tomu také odpovídá rozšíření tohoto druhu uváděné z literatury (Procházka a Velísek 1983, Průša 2005). Naproti tomu rozšíření *D. majalis* není dle výsledků na nadmořské výšce nijak závislé, jak již bylo popsáno výše. Tento druh můžeme najít od nížin až po vyšší nadmořské výšky (Bureš 2013). Naopak druh, který je dle výsledků na nadmořské výšce silně závislý, je *G. conopsea*. S rostoucí nadmořskou výškou roste i pravděpodobnost výskytu tohoto druhu, což je v souladu s dostupnými informacemi z literatury, že druh má těžiště výskytu v podhorských až horských polohách (např. Procházka a Velísek 1983, Průša 2005, Bureš 2013). Průša (2005) dokonce udává, že *G. conopsea* se v nížinách prakticky vůbec nevyskytuje. Nadmořská výška by byla zřejmě určujícím faktorem pro vzácné druhy vyskytující se v nejvyšších partiích Jeseníků (např. *Pseudorchis albida*) (Reinhammar et al. 2002). Mimo vlivu na distribuci má ale nadmořská výška vliv na prahovou velikost pro reprodukci a procento rozmnožujících se jedinců (Mróza a Kosiba 2011). Rostliny ve vyšších nadmořských výškách mají tuto prahovou velikost menší než populace v nižších nadmořských výškách a dochází u nich tedy ke kvetení a tvorbě semen dříve. To může představovat výhodu, protože čím dříve zvládnou rostliny dokončit svůj rozmnožovací cyklus, tím méně čelí konkurenci o světlo s dalšími druhy. Autoři vysvětlují efekt nadmořské výšky v souvislosti s klesajícím gradientem bohatosti půd na živiny.

Orchideje mohou být ovlivňovány vnějšími podmínkami i nepřímo, protože - jak bylo uvedeno v kapitole o biologii orchidejí - jejich existence je závislá na mykorrhize, která

může také být ovlivňována vnějšími faktory. Je tedy zřejmé, že daný faktor jako takový nemusí být pro určitý druh orchideje limitující, ale může to být i absence vhodných houbových symbiontů, kteří tímto faktorem limitováni jsou (Rasmussen et al. 2015). Například teplota nebo vlhkost substrátu působí jak na houbového symbionta, tak přímo na klíčivost semen orchidejí. Jako inhibitor klíčení je světlo, dále hraje roli množství minerálních živin. Mimo abiotické faktory mají vliv i faktory biotické (paraziti a predátoři semen, kompetice o zdroje uhlíku, paraziti hub, fungivoři).

Výsledné modely potenciální distribuce, vytvořené na základě abiotických podmínek, zobrazují základní ekologickou niku vybraných druhů orchidejí. Realizovaná nika, tedy to jestli se daný druh bude na vytipovaných lokalitách vyskytovat, však bude záviset na podmínkách panujících přímo na lokalitě (sečení, pastva, apod.).

6. ZÁVĚR

- Existence 2/3 lokalit orchidejí byla revizí potvrzena, 1/3 revidovaných lokalit lze označit za zaniklé či neprosperující (25% nenalezeno, 8% zaniklé). Hlavním důvodem zániku lokalit je jejich zarůstání.
- Z výsledků analýz se zjistilo, že faktory determinující výskyt orchidejí na studovaném maloplošném území jsou především podmínky lokálního charakteru, zejména typ biotopů a její heterogenita. Pro *D. fuchsii* a *D. majalis* hraje roli také reaktivita podloží (jako významné se jeví podloží s nízkým obsahem vápníku, nízkou až střední reaktivitu a vysokou citlivost ke zvětrávání). Pro *G. conopsea* má v těchto podmínkách vliv kromě typu biotopu také nadmořská výška, pro *P. bifolia* je to množství solární radiace, opět společně s typem biotopu. Vliv klimatických faktorů je významný pouze pro lokálně nejhojnější druh, *D. fuchsii*, jehož výskyt pozitivně souvisí s počtem mrazových dnů v roce, což je zřejmě důvod jeho vysoké početnosti ve vyšších nadmořských výškách ve studovaném území.
- Jako nejvhodnější biotopy pro výskyt studovaných orchidejí vycházejí lužní a mokřadní lesy, mezofilní louky a přírodní křoviny. Jsou to také rašeliniště a prameniště, mokřady a pobřežní vegetace, alpské louky, aluviální a vlhké louky. Na tyto biotopy tedy má smysl zaměřit pozornost při hledání orchidejí a zároveň zabránit jejich poškozování.
- Dle vytvořených map potenciálního výskytu se většina predikované distribuce nachází uvnitř CHKO Jeseníky, ale vhodné podmínky pro výskyt se nacházejí i mimo její hranice, například v oblasti Kralického Sněžníku a Rychlebských hor, Starého Města, Hanušovicka či Žulovska.
- Vytvořené modely jsou pouze zjednodušenými odhady skutečnosti a nemohou nahradit informace, pocházející z práce v terénu. Předkládané analýzy nemají sloužit k určení konkrétní hodnoty daných faktorů, ale spíše poodhalit jejich trendy a vzájemné kombinace, které napovídají o preferencích druhů orchidejí, které se v oblasti Jeseníků a jejich okolí vyskytují nejčastěji. Ovšem samotná skutečnost, jestli se budou rostliny na dané lokalitě nacházet či ne, je ovlivněna i jinými faktory (především managementem, podmáčením).

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ANGULO D.F., RUIZ-SANCHEZ E. a SOSA V. Niche conservatism in the Mesoamerican seasonal tropical dry forest orchid *Barkeria* (Orchidaceae). *Evolutionary Ecology*. 2012, 26(4), 991-1010.

BAILAROTE B.C., LIEVENS B. a JACQUEMYN H. Does mycorrhizal specificity affect orchid decline and rarity? *American Journal of Botany*. 2012, 99(10), 1655-1665.

BARSBERG S., RASMUSSEN H.N. a KODAHN N. Composition of *Cypripedium calceolus* (Orchidaceae) seeds analyzed by attenuated total reflectance IR spectroscopy: In search of understanding longevity in the ground. *American Journal of Botany*. 2013, 100(10), 2066-2073.

BATTY A.L., DIXON K.W., BRUNDRETT M. a SIVASITHAMPARAM K. Constraints to symbiotic germination of terrestrial orchid seed in a mediterranean bushland. *New Phytologist*. 2001, 152(3), 511-520.

BUREŠ L. Chráněné a ohrožené rostliny Chráněné krajinné oblasti Jeseníky. Olomouc: Rubico, 2013. Příroda (Rubico). ISBN 978-80-7346-158-4.

COATES F., LUNT I.D. a TREMBLAY R.L. Effects of disturbance on population dynamics of the threatened orchid *Prasophyllum correctum* D.L. Jones and implications for grassland management in south-eastern Australia. *Biological Conservation*. 2006, 129(1), 59-69.

DEB C.R., JAMIR N.S. a KIKON Z. P. Distribution Prediction Model of a Rare Orchid Species (*Vanda bicolor* Griff.) Using Small Sample Size. *American Journal of Plant Sciences*. 2017, 8, 1388-1398.

DEKA K., SHARMA BARUAH P., SARMA B., BORTHAKUR S.K. a TANTI B. Preventing extinction and improving conservation status of *Vanilla borneensis* Rolfe—A rare, endemic and threatened orchid of Assam, India. *Journal for Nature Conservation*. 2017, 37, 39-46.

FITTER A.H., FITTER S.R., HARRIS I.T.B. a WILLIAMSON M.H. Relationships between first flowering date and temperature in the flora of a locality in central England. *Functional Ecology*. 1995, 9, 55-60.

GOGOL-PROKURAT M. Predicting habitat suitability for rare plants at local spatial scales using a species distribution model. *Ecological Application*. 2011, 21, 33-47.

GORMLEY A.M., FORSYTH D.M., GRIFFIOEN P., LINDEMAN M., RAMSEY D.S.L., SCROGGIE M.P. a WOODFORD L. Using presence-only and presence-absence data to estimate the current and potential distributions of established invasive species. *Journal of Applied Ecology*. 2011, 48(1), 25-34.

GUISAN A. a THUILLER W. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*. 2005, 8, 993–1009.

GUISAN A., TINGLEY R., BAUMGARTNETR J.B., NAUJOKAITIS-LEWIS I., SUTCLIFFE P.R., TULLOCH A.I.T., REGAN T.J., BROTONS L., MCDONADL-MADDEN E., MANTYKA-PRINGLE C., MARTIN T.G., RHODES J.R., MAGGINI R., SETTERFIELD S.A., ELITH J., SCHWARTZ M.W., WINTLE B.A., BROENNIMANN O., AUSTIN M., FERRIER S., KEARNEY M.R., POSSINGHAM H.P. a BUCKLEY Y.M. Predicting species distributions for conservation decisions. *Ecology Letters*. 2013, 16, 1424–1435.

HEJCMAN M., SCHELLBERG J. a PAVLŮ V. *Dactylorhiza maculata*, *Platanthera bifolia* and *Listera ovata* survive N application under P limitation. *Acta Oecologica*. 2010, 36(6), 684-688.

HERNANDEZ P.A., GRAHAM C.H., MASTER L.L. a ALBERT D.L. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography*. 2006, 29(5), 773-785.

HINOJOSA-DÍAZ I.A., FERIA-ARROYO T.P. a ENGEL M.S. Potential distribution of orchid bees outside their native range: The cases of *Eulaema polychroma* (Mocsáry) and *Euglossa viridissima* Friese in the USA (Hymenoptera: Apidae). *Diversity and Distributions*. 2009, 15, 421–428.

HÖNIGOVÁ I. a CHOBOT K. Jemné předivo české krajiny v GIS: konsolidovaná vrstva ekosystémů. *Ochrana přírody*. 2014, 4, 26-30.

HSU R.C.C. Modelling Spatial Patterns of Rare Orchids for Conservation Priority in Taiwan. World Orchid Conference. 2013.

CHASE M.W., CAMERON K.M., BARRETT R.L. a FREUDEBSTEIN J.V. DNA data and Orchidaceae systematics: a new phylogenetic classification. 2003. In: DIXON K. W., KELL S.P., BARRETT R.L., CRIBB P.J. (eds) Orchid conservation. Natural History Publications, Kota Kinabalu, Borneo, 69-89.

CHUMAN T., GÜRTLEROVÁ P., HRUŠKA J. a ADAMOVÁ M. Geochemical reactivity of rocks of the Czech Republic. *Journal of Maps*. 2014, 10(2), 341-349.

CHYTRÝ M., KUČERA T., KOČÍ M., GRULICH V. a LUSTYK P. Katalog biotopů České republiky, 2. vyd. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2010. ISBN 978-80-87457-023.

JANEČKOVÁ P., WOTAVOVÁ K, SCHÖDELBAUEROVÁ I., JERSÁKOVÁ J. a KINDLMANN P. Relative effects of management and environmental conditions on performance and survival of populations of a terrestrial orchid, *Dactylorhiza majalis*. *Biological Conservation*. 2006, 129(1), 40-49.

JATINOVÁ M. a ŠMITÁK J. Rozšíření a ochrana orchidejí na Moravě a Slezsku. Agentura ochrany přírody a krajiny. 1996, Brno.

JERSÁKOVÁ J., JOHNSON S.D. a KINDLMANN P. Mechanisms and evolution of deceptive pollination in orchids. *Biological Reviews*. 2006, 81(02), 219-235.

JERSÁKOVÁ J. a KINDLMANN P. Zásady péče o orchidejová stanoviště. České Budějovice: Kopp, 2004. ISBN 80-7232254-0.

KINDLMANN P. a BALOUNOVÁ Z. Flowering regimes of terrestrial orchids: unpredictability or regularity? *Journal of Vegetation Science*. 1999, 10, 269-273.

KINDLMANN P., ŠTÍPKOVÁ Z., KOLANOWSKA M. a ROMPORTL D. Species distribution models and their application in orchid biodiversity research. Proceedings of the 22nd World Orchid Conference, Nov. 8-12, 2017, Guayaquil, Ecuador, in press.

KOLANOWSKA M. Glacial refugia and migration routes of the Neotropical genus *Trizeuxis* (Orchidaceae). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 2013a, 82(3), 225-230.

KOLANOWSKA M. Niche Conservatism and the Future Potential Range of *Epipactis helleborine* (Orchidaceae). *PLoS ONE*. 2013b, 8(10), e77352.

KOLANOWSKA M. a SZLACHETKO D.L. Niche conservatism of *Eulophia alta*, a trans-Atlantic orchid species. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 2014, 83(1), 51-57.

KOLANOWSKA M. Determination of potential glacial refugia and possible migration routes of *Campylocentrum* (Vandaeae, Orchidaceae) species through the Darién Gap. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 2015, 84(1), 97-102.

KOLANOWSKA M., MYSTKOWSKA K., KRAS M., DUDEK M. a KONOWALIK K. Evolution of the climatic tolerance and postglacial range changes of the most primitive orchids (Apostasioideae) within Sundaland, Wallacea and Sahul. *PeerJ*. 2016a, 4, e2384.

KOLANOWSKA M., NACZK A. M. a JASKUŁA R. Herbarium-based studies on taxonomy, biogeography and ecology of *Psilochilus* (Orchidaceae). *PeerJ*. 2016b, 4, e2600.

KOSÁNOVÁ K. Dynamika výskytu orchidejí ve vybraném modelovém území v jižních Čechách. Praha, 2017. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze.

MAAD J. a ALEXANDERSSON R. Variable selection in *Platanthera bifolia* (Orchidaceae): phenotypic selection differed between sex functions in a drought year. *Journal of Evolutionary Biology*. 2004, 17(3), 642-650.

MOKARRAM M., ROSHAN G. a NEGAHBAN S. Landform classification using topography position index (case study: salt dome of Korsia-Darab plain, Iran). *Modeling Earth Systems and Environment*. 2015, 1(40).

MONTGOMERY A.D. Predicting threatened orchid (*Isotria medeoloides* [Pursh] raf.) habitat in the southern Appalachian region using Maxent model. 2014. Western Carolina University. Master of Science Thesis.

MRÓZ L. a KOSIBA P. Variation in size-dependent fitness components in a terrestrial orchid, *Dactylorhiza majalis* (Rchb.) Hunt et Summerh., in relation to environmental factors. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 2011, 80(2), 129-138.

PHILLIPS S.J., ANDERSON R.P. a Robert E. SCHAPIRE R.E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*. 2006, 190(3-4), 231-259.

- PONERT J.** Biologie orchidejí (přednáška). Praha: Univerzita Karlova v Praze, 2016.
- PROCHÁZKA F. a VELÍSEK V.** Orchideje naší přírody. Praha: Academia, 1983.
- PRŮŠA D.** Orchideje České republiky. Brno: Computer Press, 2005. ISBN 80-251-0726-4.
- RASMUSSEN H.N. a WHIGHAM D.F.** Seed ecology of dust seeds in situ: a new study technique and its application in terrestrial orchids. *American Journal of Botany*. 1993, 80 (12), 1374-1378.
- RASMUSSEN H.N., DIXON K.W., JERSÁKOVÁ J. a TĚŠITELOVÁ T.** Germination and seedling establishment in orchids: a complex of requirements. *Annals of Botany*. 2015, 116(3), 391-402.
- REINA-RODRÍGUEZ G.A., RUBIANO J.E., CASTRO LLANOS F.A. a OTERO J.T.** Spatial distribution of dry forest orchids in the Cauca River Valley and Dagua Canyon: Towards a conservation strategy to climate change. *Journal for Nature Conservation*. 2016, 30, 32-43.
- REINA-RODRÍGUEZ G.A., RUBIANO J.E., CASTRO LLANOS F. A a SORIANO I.** Orchids distribution and bioclimatic niches as a strategy to climate change in areas of tropical dry forest in Colombia. *Lankesteriana*. 2017, 17(1), 17-47.
- REINHAMMAR L.G., OLSSON E.G.A. a SÖRMELAND E.** Conservation biology of an endangered grassland plant species, *Pseudorchis albida*, with some references to the closely related alpine *P. straminea* (Orchidaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2002, 139(1), 47-66.
- ROLLEROVÁ T.** Rozšíření a ekologie bradáčku srdčitého (*Listera cordata*) na Sedlovém rašeliništi v NPR Praděd. Olomouc, 2015. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci 2015.
- SHEFFERSON R.P.** The evolutionary ecology of vegetative dormancy in mature herbaceous perennial plants. *Journal of Ecology*. 2009, 97(5), 1000-1009.
- STUCKEY I.H.** Environmental Factors and the Growth of Native Orchids. *American Journal of Botany*. 1967, 1967(54 (2), 232-241.

SWARTS N.D. a DIXON K.W. Terrestrial orchid conservation in the age of extinction. *Annals of Botany*. 2009, 104, 543–556.

TSIFTISIS S., TSIRIPIDIS I. a KARAGIANNAKIDOU V. Identifying areas of high importance for orchid conservation in east Macedonia (NE Greece). *Biodiversity and Conservation*. 2009, 18(7), 1765-1780.

TSIFTISIS S., TSIRIPIDIS I. a TRIGAS P. Identifying important areas for orchid conservation in Crete. *European Journal of Environmental Sciences*. 2011, 1(2), 28-37.

TSIFTISIS S., TSIRIPIDIS I., TRIGAS P. a KARAGIANNAKIDOU V. The effects of presence/absence vs. continuous suitability data on reserve selection. *European Journal of Environmental Sciences*. 2012, 2(2), 125-137.

VOGT-SCHILB H., MUNOZ F., RICHARD F. a SCHATZ B. Recent declines and range changes of orchids in Western Europe (France, Belgium and Luxembourg). *Biological Conservation*. 2015, 190, 133-141.

VOLLERING J., SCHUITEMAN A., DE VOGEL E., VAN VUGT R. a RAES N. Phytogeography of New Guinean orchids: patterns of species richness and turnover. *Journal of Biogeography*. 2016, 43(1), 204-214.

WAN J., WANG C., HAN S. a YU J. Planning the priority protected areas of endangered orchid species in northeastern China. *Biodiversity and Conservation*. 2014, 23(6), 1395-1409.

WANG H.H., WONKKA C.L., TREGLIA M.L., GRANT W.E., SMEINS F.E. a ROGERS W.E. Species distribution modelling for conservation of an endangered endemic orchid. *AoB PLANTS*. 2015, 7, pii: plv039.

WASSEN M.J., VENTERINK H.O., LAPSHINA E.D. a TANNEBERGER F. Endangered plants persist under phosphorus limitation. *NATURE*. 2005, 437, 547-550.

WATKINSON A.R. On the Abundance of Plants Along an Environmental Gradient. *The Journal of Ecology*. 1985, 73(2), 569-578.

WELLS T. C. E. Changes in a Population of *Spiranthes Spiralis* (L.) Chevall. at Knocking Hoe National Nature Reserve, Bedfordshire, 1962-65. *The Journal of Ecology*. 1967, 55(1), 83-99.

WHIGHAM D.F., O'NEILL J.P., RASMUSSEN H.N., CALDWELL B.A. a McCORMIK M.K. Seed longevity in terrestrial orchids – potential for persistent in situ seed banks. *Biological Conservation*. 2006, 129, 24–30.

WILLIAMS J. K., BELBIN L., AUSTIN M. P., STEIN J. L., a FERRIER S. Which environmental variables should I use in my biodiversity model? *International Journal of Geographical Information Science*. 2012, 26, 2009-2047.

WOTAVOVÁ K., BALOUNOVÁ Z. a KINDLMANN P. Factors affecting persistence of terrestrial orchids in wet meadows and implications for their conservation in a changing agricultural landscape. *Biological Conservation*. 2004, 118(3), 271-279.

YODER J.A., ZETTLER L.W. a STEWART S.L. Water requirements of terrestrial and epiphytic orchid seeds and seedlings, and evidence for water uptake by means of mycotrophy. *Plant Science*. 2000, 156, 145-150.

PŘÍLOHY

Příloha 1: Svahy nad horní hranice lesa v dolní části Velké kotliny, kde jsou v porostech borůvčí pravidelně koseny čtverce, na kterých se vyskytují vzácné druhy orchidejí, např. *Coeloglossum viride* či *Pseudorchis albida*

(zdroj: www.google.cz/maps)

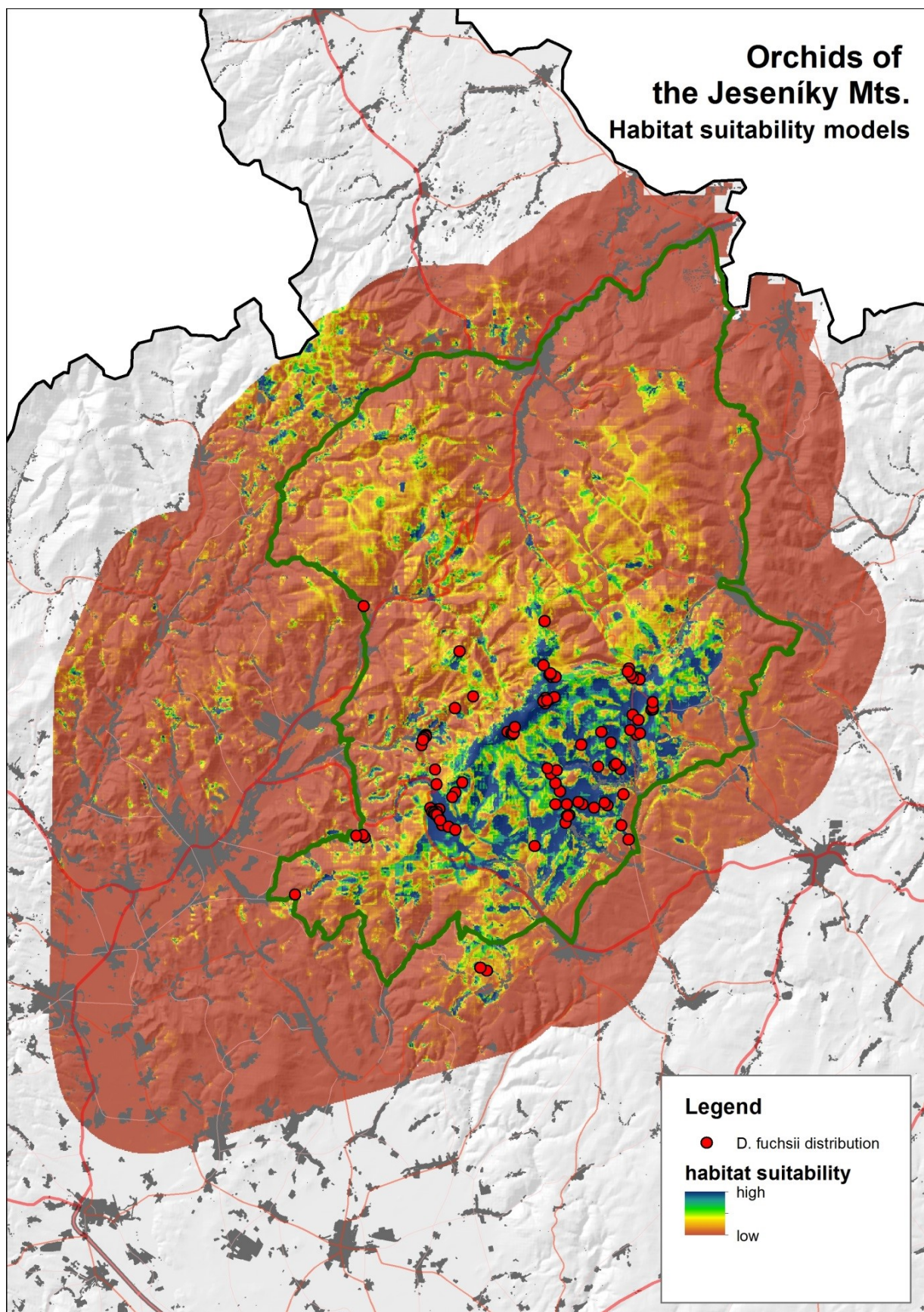


Příloha 2: Třídy krajinného pokryvu v konsolidované vrstvě ekosystémů (KVES)

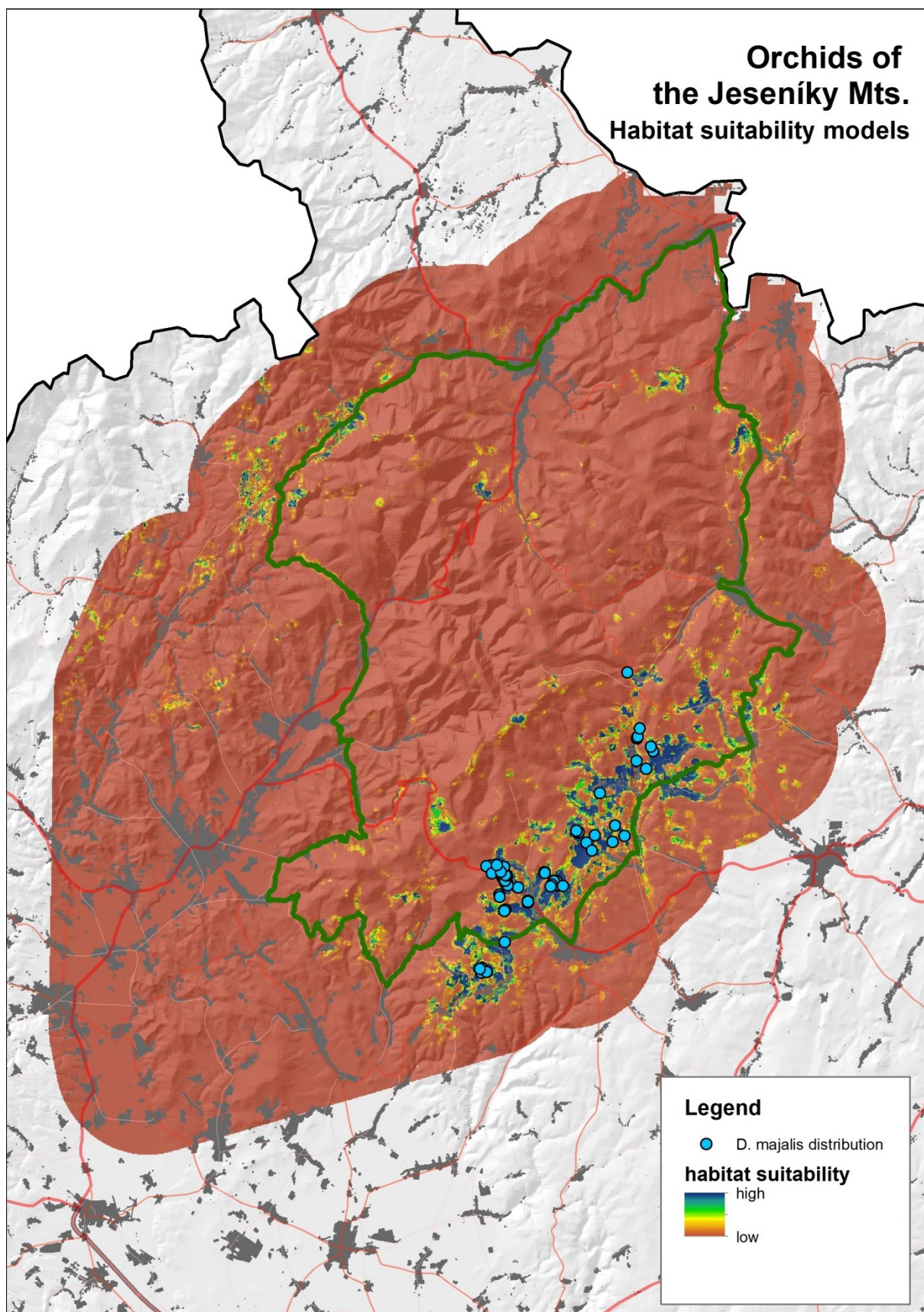
KÓD NÁZEV BIOTOPU

- 1** Vodní toky přírodní
- 2** Vodní toky nepřírodní
- 3** Dopravní síť
- 4** Aluviální a vlhké louky
- 5** Suché trávníky
- 6** Mezofilní louky
- 7** Alpínské louky
- 8** Vřesoviště
- 9** Lužní a mokřadní lesy
- 10** Doubravy a dubohabřiny
- 11** Suťové lesy
- 12** Bučiny
- 13** Suché bory
- 14** Smrčiny
- 15** Rašelinné lesy
- 16** Přírodní kosodřevina
- 17** Přírodní křoviny
- 18** Makrofytní vegetace stojatých vod
- 19** Mokřady a pobřežní vegetace
- 20** Rašeliniště a prameniště
- 21** Skály, sutě
- 22** Skály, lomy (umělé)
- 23** Bažina, močál
- 24** Rybníky a nádrže
- 25** Nepůvodní kosodřevina
- 26** Nepůvodní křoviny
- 27** Chmelnice
- 28** Vinice
- 29** Hospodářské lesy listnaté
- 30** Hospodářské lesy smíšené
- 31** Hospodářské lesy jehličnaté
- 32** Sklárky a staveniště
Městské zelené plochy, okrasná zahrada, park,
- 33** hřbitov
- 34** Sportovní a rekreační plochy
- 35** Průmyslové a obchodní jednotky
- 36** Nesouvislá městská zástavba
- 37** Souvislá městská zástavba
- 38** Ovocný sad, zahrada
- 39** Hospodářské louky
- 40** Orná půda

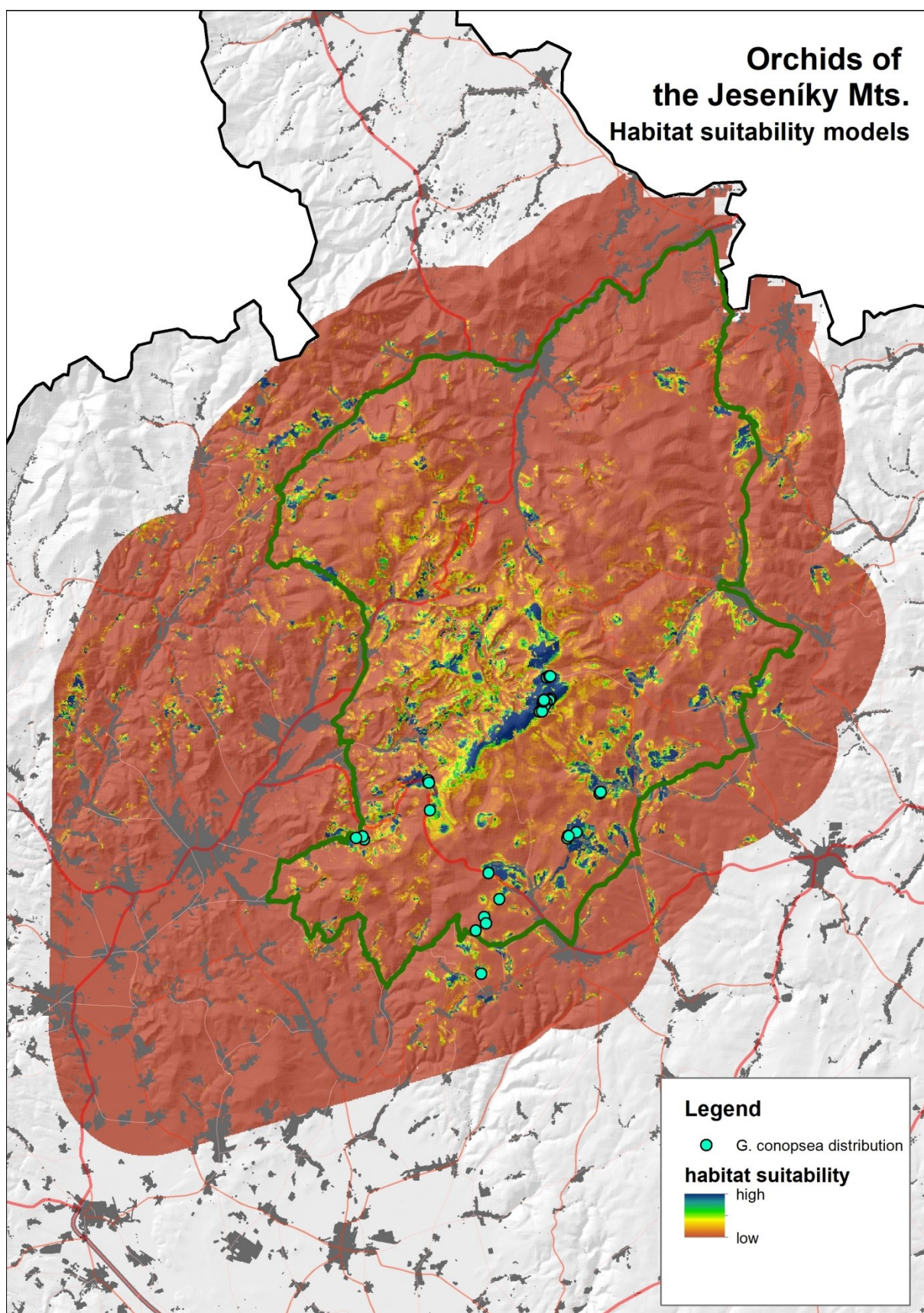
Příloha 3: Mapa potenciálního výskytu *Dactylorhiza fuchsii*



Příloha 4: Mapa potenciálního výskytu *Dactylorhiza majalis*



Příloha 5: Mapa potenciálního výskytu *Gymnadenia conopsea*



Příloha 6: Mapa potenciálního výskytu *Platanthera bifolia*

